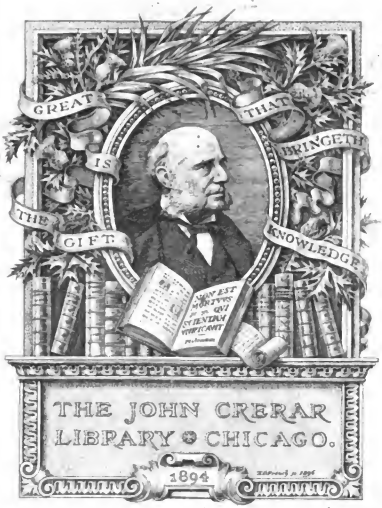
Digitized by Google



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Einrichtung und Betrieb

der

Elektromotoren

für

Industrie und für Straßenbahnen

(elektrische Kraftübertragung mit Dampf- und Wasserbetrieb, Betriebskosten, Betriebsverhältnisse und Vortheile derselben)

für

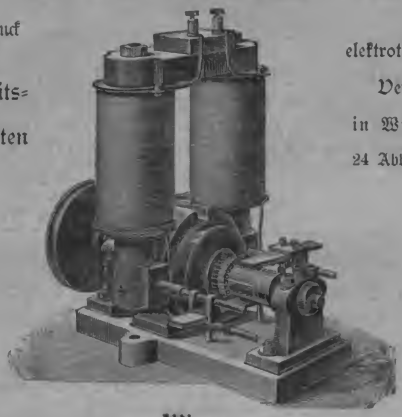
Industrielle, Maschinisten, Stadtverwaltungen u. für Gebildete aller Stände

nach Mittheilungen aus der Praxis leichtfaßlich dargestellt

von **Georg Kosak,**

Besitzer des k. k. gold. Verdienstkreuzes mit der Krone, der Anerkennungsdiplome der Wiener Weltausstellung u. d. n. ö. Gewerbevereines, Professor a. D. und k. k. beeid. Sachverständiger für Maschinenbau für Graz und Umgebung.

Mit Abdruck der Sicherheits-Vorschriften des



elektrotechnischen Vereines in Wien und 24 Abbildungen.

Wien.

Spielhagen & Schurich.

Verlagsbuchhandlung.

Verlag von Spielhagen & Schurich in Wien
I., Kumpfgasse 7.

Von demselben Verfasser erschien in unserem Verlage:

Einrichtung und Betrieb
der für
landwirtschaftliche und der als Motoren der Klein- und Großindustrie, sowie elektrischer Lichtmaschinen dienenden

Locomobilen.

Für Landwirthe, Baumeister, Industrielle, Culturingenieure, Maschinenwärter, Gewerbeschulen.

Vierte umgearbeitete und erweiterte Auflage der „3. Auflage des Katechismus der Locomobilen" desselben Verfassers. — Mit Kesselgesetzen für Deutschland und Oesterreich. — gr. 8. 1895. 137 Seiten mit 66 Abbildungen. — Preis geheftet 1 fl. 50 kr. = 3 M., elegant in rothe Leinwand gebunden 1 fl. 80 kr. = 3 M. 60 Pf.

Einrichtung, Betrieb und Anschaffungskosten
der wichtigsten

Motoren für Kleinindustrie

(Kleindampfmaschinen, Petroleum-, Wasserdruck-, Heißluft-, Dampfturbinen, Gaskraft- und Druckluft-Motoren)

für Kleingewerbetreibende, Maschinisten und Werkmeister.

Zweite, umgearbeitete Auflage der „Motoren für Kleinindustrie" desselben Verfassers. — Mit Kesselgesetzen für Deutschland und Oesterreich.

gr. 8. 1894. 117 Seiten mit 62 Abbildungen.

Preis geheftet 1 fl. 50 kr. = 3 M., eleg. in rothe Leinwand gebunden 1 fl. 80 kr. = 3 Mark 60 Pfennig.

Katechismus der Einrichtung und des Betriebes

stationärer Dampfkessel und Dampfmaschinen

oder Erörterung der bei der gesetzlichen Prüfung vorkommenden Fragen

für Heizer und Maschinenwärter.

Neunte umgearbeitete und erweiterte Auflage. — 8°. 1895. 261 Seiten. Mit 63 in den Text gedruckten Abbildungen und 3 Tafeln, nebst Abdruck der Kesselgesetze für Deutschland und Oesterreich. — Preis geheftet 1 fl. 20 kr. = 2 M. 40 Pf., in Leinwand geb. 1 fl. 45 kr. = 2 M. 90 Pf.

Auch in czechischer Uebersetzung (2. Aufl.) zu gleichem Preise zu haben.

Katechismus

der Einrichtung und des Betriebes der Locomotive

(Eilzugs-, Personen- und Gebirgslocomotiven, Berglocomotive, Straßenlocomotive, Tramwaylocomotive)

für

Locomotivführer, Bahnbeamte, Studirende technischer Fachschulen, sowie zur populären Belehrung für Gebildete jedes Standes.

Sechste vermehrte und verbesserte Auflage.

8. 1892. Mit 36 Holzschn., 4 Taf. u. d. Bilde von George Stephenson.

Preis brosch. 1 fl. 80 kr. = 3 M. 60 Pf., geb. 2 fl. 5 kr. = 4 M. 10 Pf.

Zu gleichem Preise auch in ungarischer Uebersetzung zu haben.

Digitized by Google

THE
JOHN CREAR
LIBRARY

Einrichtung und Betrieb

der

Elektromotoren

für

Industrie und für Straßenbahnen

(elektrische Kraftübertragung mit Dampf- und Wasserbetrieb, Betriebskosten, Betriebsverhältnisse und Vortheile derselben)

für

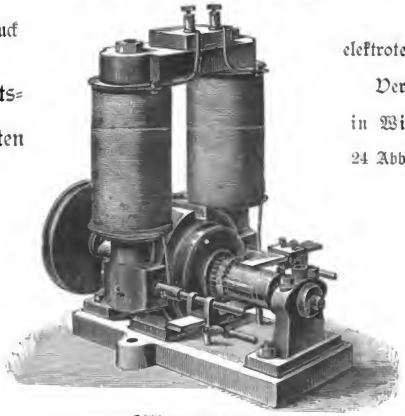
Industrielle, Maschinisten, Stadtverwaltungen u. für Gebildete aller Stände

nach Mittheilungen aus der Praxis leichtfaßlich dargestellt

von **Georg Kosak,**

Besitzer des k. k. gold. Verdienstkreuzes mit der Krone, der Anerkennungsdiplome der Wiener Weltausstellung u. d. n. ö. Gewerbevereines, Professor a. D. und k. k. beeid. Sachverständiger für Maschinenbau für Graz und Umgebung.

Mit Abdruck der Sicherheits-Vorschriften des elektrotechnischen Vereines in Wien und 24 Abbildungen.



Wien, 1896.

Spielhagen & Schurich.

Verlagsbuchhandlung.

Digitized by Google

THE
JOHN CREERAR
LIBRARY

Alle Rechte vorbehalten.

K. und k. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Digitized by Google

Vorrede.

Angeregt durch die günstigen Erfolge, welche sich meine Handbücher über Einrichtung und Betrieb der Dampf-, Wasser-, Gas-, und Petroleum-Motoren der Klein- und Großindustrie in den praktischen Kreisen bisher errungen haben, machte ich in dem vorliegenden Buche den Versuch, auch für die neuestens als Kraftmittel in stets steigender Verwendung auftretenden „Elektromotoren" ein derartiges Hilfsbuch zu schaffen.

Ich wurde bei dessen Abfassung durch Lieferung von literarischen Behelfen von nachstehenden Firmen in ausgiebigster Weise unterstützt und spreche denselben hier vor Allem meinen besten Dank aus. Diese Behelfe kamen mir zu von: Simens & Halske in Wien und Berlin, Ganz & Comp. in Budapest, Direction der Südbahn in Wien, Alwin Hempel in Dresden, Elektricitäts-Gesellschaft in Aachen u. s. w.

Gestützt auf diese gütigen Mittheilungen obiger Firmen, war ich in der Lage in dem Buche die neuesten Erfahrungen auf dem electrotechnischen Gebiete zu verwerthen und es den praktischen Bedürfnissen der Jetztzeit anzupassen.

In dem Buche sind nur die einfachsten und deutlichsten Formen der zahllos variirten Constructionen von Elektromotoren besprochen, die auf dem praktischen Gebiete die verbreitetste Anwendung gefunden haben.

Jede theoretische Erörterung, die nur für einen wissenschaftlichen Kreis von Lesern wirklich verständlich gemacht werden kann, ist in dem Buche vermieden. Für den bei Elektromotoren beschäftigten Arbeiter, sowie für den Besitzer der Motoren dürften die darin enthaltenen Erklärungen und namentlich die Vorschriften über Behandlung der Motoren ausreichend sein.

Der gebildete Leser, der ohne eingehendere Kenntniß der nur in Physikerkreisen bekannten neuesten Theorien des Elektromagnetismus, ist wird aber in dem Buche Aufklärungen über den derzeitigen Stand des Elektromotorenbetriebes finden, die ihm bei dem täglich wachsenden Einfluße dieser Motoren im industriellen und Verkehrsleben, in dieser leicht verständlichen Form willkommen sein dürften. Indem ich wünsche, daß mein Buch die angedeuteten Zwecke erreiche und den werthen Lesern den besten Nutzen gewähre, ersuche ich meine geehrten Fachcollegen bei Beurtheilung desselben mir allfällige Rathschläge zu dessen Verbesserung gütigst zukommen zu lassen.

Graz, am 1. Mai 1896.

Georg Kosak.

129072

Digitized by Google

Digitized by Google

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung . . . . . .

I. Allgemeine Vorbegriffe über Elektromagnetismus und seine Verwerthung als treibende Kraft zur Verrichtung mechanischer Leistungen 4

II. Einrichtung der wichtigsten Elektromotoren der Industrie 11

III. „ „ „ „ für Straßenbahnen 29

IV. Regulirung der Geschwindigkeit, Stromspannung und Strommenge, Meß- und Sicherheitsapparate 38

V. Betrieb und Instandhaltung der Elektromotoren 46

VI. Sicherheitsvorschriften für elektrische Betriebe 56

VII. Allgemeine Regeln über die praktische Einrichtung und Berechnung elektrischer Anlagen 63

VIII. Betriebsverhältnisse einiger bestehender elektrischer Musteranlagen, Literatur-Nachweis 70

IX. Durchschnittliche Kraftforderniſſe beim Betriebe von Arbeitsmaschinen und Motorwagen 77

Digitized by Google

Alphabetisches Register.

A.

Abstellen d. Maschine 52
Accumulatoren 6, 29, 52
Ampére 7
Ampéremeter 43
Anhalten d. Wagens 54
Anker 8
Anlassen d. Maschine 48
Anlegen d. Bürsten 49
Anschaffungspreise d. Motoren . 68
Aufstellungsweisen d. Motoren 27
Außenpolmaschine 11
Ausschalten 10

B.

Berechnung e. Anlage 63
Betrieb 46, 53
Betriebs-Kosten . . . 69, 83, 84
Betriebs-Störungen 50
Betriebs-Verhältnisse . . . 70
Bezugsquellen d. Elektrom. . . 25
Bleisicherung 44
Blitzableiter 44
Bürsten 10, 13, 46

C.

Comutator 8
Contact 8, 13
Contactrolle 32
Contact-Schiffchen 31

D.

Drahtquerschnitt 65
Drehstrommaschine 8, 21
Dynamomaschine 5

E.

Einschalten 10
Einzelantrieb 28, 72
Elektrodynamo 5
Elektromagnet 6
Elektromagnetismus 4
Elektricitätszähler 43
Elektromotor 6
Erdschluß 9, 52

F.

Feldmagnete 8, 23
Funkenbildung 16, 50

G.

Generator 7
Gesammtwirkungsgrad . . . 67
Gleichstrommaschine . . . 10, 17
Gleit-Bügel 33
Gleit-Rolle 32
Gramme'scher Ring 14, 17
Gruppen-Antrieb 28

H.

Hilfeleistung bei Unglücksfällen . 45

I.

Induction 4
Innenpolmaschine 10
Isolatoren 8, 82
Isolirungsmittel 34

K.

Klemmenspannung 9
Kohlenausschalter 43

Digitized by Google

Kompoundmaschine 11
Kraftanlage elektr. 5, 65
Krafterfordernisse 77
Kurzschluß 9

L.

Lamellen 14, 16
Leistung elektr. 8
Leitungs-Fähigkeit 8, 57
Leitungs-Draht, Berechnung . . 64
Leitungs-Rohr 31

M.

Magnet 6
Maschinenpferdekraft . 7, 63, 69
Motor f. Straßenbahnen 37

N.

Nebenschluß-Motor 63
Nebenschluß-Schaltung 11
Nutzstrom 8

O.

Oberirdische Nutzleitung 31
Ohm 9

P.

Polwechselzahl 7
Primär-Maschine 9
Primär-Station 25, 30

R.

Regulirung d. Geschwindigkeit . . 38
Reibungshinderniſſe 47
Reihenschluß-Schaltung . . . 11, 64
Reihenschluß-Motor 64
Rheostat 9, 38

S.

Secundärmaschine 9
Serienschaltung 11
Sicherung gegen Gefahr . 44, 56, 61
Siemens 11, 30
Straßenbahnen . . . 29, 70, 83
Strom-Erreger 6
Strom-Sammler 10, 15, 48
Strom-Zuleitungen 32, 34
Schwerkraft, Verwerthung derſelben 76

T.

Transmutator 8, 41
Trommelanker 14

U.

Unregelmäßiger Gang d. Motors 54
Unterirdische Stromzuleitung . . 34

V.

Vollbahnen m. e. Betriebe . . . 74
Volt 7
Volt-Ampére 7
Voltameter 9, 42
Vorsichtsmaßregeln 45
Vorzüge d. Elektromotoren . . . 24

W.

Watt 7
Wechselstrommaschinen . . 7. 19
Widerstände 9, 39

Digitized by Google

Einleitung.

Beinahe durch ein Jahrhundert hat die Spannkraft des Wasserdampfes den Betrieb der meisten Gattungen maschineller Werke und Fahrzeuge beherrscht und zu vorher ungeahnter Blüthe gebracht. In neuester Zeit hat aber die Verwendung der Elektricität als treibende Kraft bereits solche praktische Erfolge aufzuweisen, dass sie, insbesondere für Kleinbetrieb, die Dampfkraft theilweise verdrängen dürfte. Da jedoch zur Erzeugung größerer Elektricitätsmengen und elektrischer Kraftäußerungen selbst besondere Motorenkräfte nämlich Wasser- oder Dampfkräfte nöthig sind, so ist die elektrische Kraftmaschine eigentlich nur ein Zwischenglied zwischen Wasser- oder Dampfmotoren und den zu betreibenden Arbeitsmaschinen, welches ermöglicht, eine ungünstig gelegene Wasser- oder Dampfkraft durch eine einfache Drahtleitung auf weite Entfernungen zu übertragen und am Bedarfsorte zu gefahrlosem und rauchfreiem Betriebe von Arbeitsmaschinen oder Straßenwagen zu verwenden. Die Verwendung elektrischer Kraftmaschinen wird jedoch nur zu empfehlen sein, wenn:

1. Zum Betriebe der elektrischen Kraftquelle eine billige, stets ausreichende d. h. nie versiegende Wasserkraft, wenn auch in größerer Entfernung vom Arbeitsorte gelegen, verwendet werden kann (in wasserreichen Gebirgsgegenden daher sehr rentabel).

2. Die Anwendung eines anderen Motors aus sicherheitspolizeilichen Gründen oder wegen Rauchbelästigung nicht gestattet ist (daher zu Straßenbahnbetriebe in Städten und bei Aufstellung in Wohnräumen Kleinindustrieller sehr geeignet).

3. Die Aufstellung eines Dampfmotors am Arbeitsorte z. B. in Bergwerken u. s. w. wegen Raummangels u. s. w. unmöglich ist.

In allen anderen Fällen und besonders bei erforderlichen großen Kraftleistungen in wasserarmen flachen Ländern dürfte die Dampfmaschine in ihrer jetzigen hohen Entwicklung noch lange Zeit alle anderen Kraftquellen überflügeln.

Digitized by Google

Am weitesten ist die Anwendung der elektrischen Kraft in Amerika gediehen, wo insbesondere die nie versiegenden Wasserkräfte der kolossalen Niagara-Wasserfälle die Verwendung elektrischer Kraftquellen in einer Weise gestatten, daß z. B. in der Stadt Great Falls der Vereinigten Staaten von Nordamerika die Tramways durch elektrische Kraft in Betrieb gesetzt, beleuchtet und durch elektrische Radiatoren geheizt werden. Sämmtliche in der Stadt befindliche zahlreiche Fabriken, die Aufzüge, Bagger, Pumpen, Erdaushebungs- und Steinbrechmaschinen werden ebenfalls durch Elektricität betrieben. Auf Baustellen werden die Steine und der Mörtel mittelst Elektricität in die Höhe befördert. In den Restaurants besorgt der elektrische Strom das Kochen, beim Selcher das Hacken des Fleisches, beim Kaufmann das Mahlen des Kaffees; die Näherin läßt ihre Nähmaschine durch Elektricität betreiben und ihr Bügeleisen durch dieselbe erhitzen.

Dieses Ideal des Universalbetriebes durch Elektricität ist natürlich nur durch Verwendung der dort befindlichen grandiosen Wasserkräfte des Niagara-Falles zu erreichen möglich.

Immerhin könnten aber die zahlreichen kleineren Wasserkräfte mit großem Gefälle, besonders in den Gebirgsländern Europas herangezogen und zur Ermöglichung eines billigen elektrischen Betriebes auch bei uns glänzend verwerthet werden. Was die Verwendung elektrischer Betriebskraft bei Straßenbahnen betrifft, so steht auch hierin Amerika an der Spitze, da hier 1895 bereits 1300 *km* Geleise mit 2000 elektrischen Motorwagen betrieben werden, während z. B. in Deutschland erst 520 *km* mit 800 Motorwagen im Betriebe sind. Erwähnenswerth sind die Versuche, Straßenbahnen mit directer Elektricitätsquelle im Waggon (Accumulatorenbetrieb) zu betreiben; so wurden neuestens in Paris mehrere mit je 108 Zellen (unter den Sitzen der Passagiere vertheilt) versehene Wagen, welche Zellen von den Stationsgebäuden im Zeitraume von wenigen Minuten im geladenen Zustande dem Wagen auf Karren zugeführt und gegen die während der Fahrt entladenen ausgewechselt werden. Doch gestaltet sich letzterer Betrieb durch die Auswechslung und Abnützung sowie durch das große Gewicht der mitgeführten Zellen vorderhand nicht praktisch, obzwar dadurch die Zuleitung der elektrischen Betriebskraft durch kostspielige ober- oder unterirdische Drahtleitungen erspart und diese Ersparung als sehr wünschenswerth erscheinen könnte.

Um die in langen Tunnels lästige Rauchentwicklung der Dampflocomotive zu vermeiden, werden bei der Baltimore-Bahn derzeit auch zum Führen größerer Züge elektrische Locomotiven angewendet, die eine Länge von 14 Fuß englisch, ein Gewicht von 95 Tonnen haben und bei

Digitized by Google

einer Fahrgeschwindigkeit von 30 *km* per Stunde 1200 Tonnen zu ziehen vermögen. Da die elektrischen Motoren in allen Größen gebaut werden und einen sehr geringen Raum im Vergleiche zu gleich kräftigen Dampfmotoren einnehmen, so ist man auch im Stande, an jeder einzelnen Werkzeugmaschine einer Fabrik unmittelbar den zu ihrem Betriebe nöthigen elektrischen Kraftmotor anzubringen, und erspart dadurch viele kostspielige Transmissionstheile in den Arbeitsräumen, wodurch auch die leichte Beaufsichtigung dieser Räume und das ungehinderte Hantiren in denselben wesentlich gefördert wird. In den folgenden Capiteln werden die wichtigsten Vorbegriffe über Elektromagnetismus, die constructive Einrichtung und den Betrieb elektrischer Motoren, soweit sich dieselben nach den neuesten Erfahrungen einer größeren Verbreitung erfreuen, die Instandhaltung dieser Motore, Gefahren und Vorsichtsregeln bei deren Betriebe, sowie in Kürze praktische Regeln zur zweckmäßigen Einrichtung und Berechnung elektrischer Anlagen und deren Kosten, Betriebsverhältnisse einiger bestehenden elektrischen Musteranlagen und schließlich die für die Anschaffung eines Elektromotors und Bestimmung seiner Größe maßgebenden Daten über die Krafterfordernisse beim Betriebe von Werkzeugmaschinen der verschiedenen Gewerbe und der Motorwagen für Personenverkehr erörtert.

Im Anhange folgen einige wichtige Tabellen über Umdrehungszahlen, Gewichte, Raumverhältnisse, Anschaffungskosten u. s. w. von Electromotoren.

Digitized by Google

I. Allgemeine Vorbegriffe über Electromagnetismus und seine Verwerthung als treibende Kraft zur Verrichtung mechanischer Leistungen.

Elektromagnetismus ist der Name einer seit der Erfindung des Telegraphen bereits praktisch verwertheten merkwürdigen Naturerscheinung, die darin besteht, daß ein nicht magnetischer Eisenstab, der mit Drahtwindungen umgeben ist, so lange man durch diesen Draht einen elektrischen Strom hindurchsendet, sich in einen Magneten (Elektromagneten) verwandelt. Er erhält dann hiedurch die bekannte Eigenschaft eines natürlichen Magneten an seinen beiden Enden, die man Pole heißt, gegen einen in der Nähe befindlichen Metallstab anziehende und abstoßende Kräfte zu äußern und, sobald dieser benachbarte Metallstab wie z. B. eine Magnetnadel um ein fixes Centrum drehbar ist, letzteren mit einer gewissen Kraftäußerung in eine kreisbogenförmige, drehende Bewegung zu versetzen. Durch sinnreiche Vertheilung und Verwendung einer Reihe kräftig wirkender Elektromagnete ist man nun im Stande, statt der nur bogenweise sich drehenden Magnetnadel einen um eine fixe Achse sich drehenden cylindrischen oder ringförmigen Eisenkern, der selbst mit Draht umflochten und durch einen durch dessen Drahthülle geleiteten elektrischen Nutz-Strom in einen Elektromagneten verwandelt ist, in eine volle kreisförmige Bewegung zu versetzen. Betrachtet man die Drehachse dieses Eisenkernes als Triebachse des elektrischen Motors, so kann von derselben jede mit ihr entweder direct oder durch Transmission verbundene Arbeitsmaschine betrieben d. h. nützliche Arbeit verrichtet werden, wie durch die Triebachse einer Dampfmaschine oder eines sonstigen Motors. Durch Umkehrung der Richtung des sämmtliche Elektromagnete durchfließenden Stromes kann auch die Bewegungsrichtung der Triebachse, daher auch die jeder damit betriebenen Arbeits- oder Wagenmaschine umgekehrt oder rückläufig gemacht (reversirt) werden. Die Erregungsweise eines elektrischen Stromes durch das Rotiren von Elektromagneten im Wirkungskreise anderer Elektromagnete heißt man auch Induction (wörtlich: Einführung) eines Stromes. Daher stammen auch die Ausdrücke: Inductionsstrom, Inductionsspulen u. s. w.

Digitized by Google

Um eine für das Treiben von Arbeitsmaschinen oder Fahrzeugen der Praxis nöthige große mechanische Kraftwirkung des Elektromotors zu erreichen, war es nothwendig kräftige Elektromagnete zu verwenden, und genügten die zum Betriebe z. B. eines Telegraphenzeichenapparates ausreichenden minimalen Kraftwirkungen natürlich in keiner Weise. Da mit der Stärke des elektrischen Stromes, der in Drahtwindungen den Elektromagnet umkreist, die abstoßende beziehungsweise anziehende Kraft der Magnetpole zunimmt, so mußte man darauf bedacht sein, die Stärke und Menge des elektrischen Stromes möglichst zu erhöhen. Dies gelang erst seit wenig Jahren durch die Erfindung der sogenannten dynamoelektrischen Stromerzeugungsmaschinen.

Diese neueste Stromerzeugungsmaschine besteht aus einer Triebachse, auf der ein walzen- oder ringförmiger Elektromagnet aufgekeilt ist, dessen Außenfläche zwischen den Polenden eines einzelnen oder einer Reihe denselben, in geringem Abstande von ihm, mantelförmig umgebenden feststehenden Elektromagneten rotiren kann. Versetzt man die Achse des beweglichen Elektromagnetes durch Einwirkung irgend eines Motors (Dampf-Wasser- oder Gasmotor) in rasche drehende Bewegung, so entsteht durch die stark wechselnde Einwirkung der sich momentan gegenüberliegenden Magnetpole ein so kräftiger elektrischer Strom, der nach den neuesten Erfahrungen im Stande ist, die größten mechanischen Leistungen zu vollbringen oder die größten mechanischen Widerstände zu überwinden. Da aber zur Ingangsetzung des Stromerregers selbst ein besonderer Motor (Wasser-Dampf- oder Gasmotor) nothwendig ist, so ersieht man daraus, daß die elektrischen Maschinen nicht in dem gewohnten Sinne als Motore, wie die Wasser-Dampf- u. s. w. Motore, sondern nur als Zwischenmotore d. i. Transmissionstheile zur vortheilhafteren Uebertragung der eigentlichen Motorkräfte des Wassers, Dampfes u. s. w. besonders bei großer Entfernung der eigentlichen Motore vom Arbeitsorte betrachtet werden müssen.

Eine vollständige elektrische Kraftanlage besteht daher aus folgenden Haupttheilen:

1. aus dem Bewegungserzeuger d. i. der Wasser-, Dampf-, oder Gaskraftmaschine;

2. aus der elektrischen Stromerzeugungsmaschine (dynamoelektrische Maschine), zunächst dem Hauptmotor gelegen;

3. aus der elektrischen Kraftmaschine (elektrodynamische Maschine) zunächst dem Aufstellungsorte der zu betreibenden Arbeitsmaschinen gelegen.

4. aus der Drahtleitung, welche das Zuleiten des vom elektrischen Stromerreger gelieferten Kraftstromes zur, meist von ihm weit entfernten, elektrischen Kraftmaschine vermittelt.

Digitized by Google

Der Stromerreger hat meist genau dieselbe Einrichtung, wie die elektrische Kraftmaschine. Während aber der Stromerreger nur durch mechanische Arbeit der eigentlichen Motore getrieben wird und dieselbe in Elektricität verwandelt, setzt der an der Arbeitsstelle befindliche elektrische Apparat die ihm als elektrische Kraftleistung gelieferte Arbeitsmenge wieder in eine rein mechanische Arbeit um, d. h. er bewirkt die Umdrehung der Triebwelle in den Arbeitsräumen der Fabrik oder bei directer Anbringung desselben an jeder Arbeitsmaschine deren unmittelbaren Einzelbetrieb. Der für die Praxis erst im Versuchsstadium befindliche Accumulatorenbetrieb, wo die Stromlieferung durch Ladung und Entladung chemischer Elemente und nicht durch mechanischen Betrieb eines Stromerregers geschieht, verwendet ebenfalls den Elektromotor zur Umwandlung der Strom-Elektricität in mechanische Arbeitsleistung zum Betriebe von Werkzeugmaschinen und Fahrzeugen.

Da, wie erwähnt, die Einrichtung der Stromerreger und der mit diesem durch die Drahtleitung verbundenen Apparate zur Rückumwandlung der elektrischen Arbeitsleistung in mechanische Arbeit die gleiche ist, so werden diese beiden Apparate im nächsten Capitel unter Einem behandelt und daselbst ihre neuesten constructiven Hauptformen besprochen.

Um die beim elektrischen Betriebe vorkommenden technischen Benennungen und Grundbegriffe dem Leser verständlich zu machen, folgen hier in Kürze die nöthigen Erklärungen:

Magnet ist ein Eisen- oder Stahlstab, zumeist in hufeisenförmig gebogener Form angewendet, der die Eigenschaft besitzt, an seinen beiden Enden, die man Pole heißt, anziehende und abstoßende Wirkungen auf demselben genäherte Metallgestände zu äußern. Man unterscheidet: 1. natürliche und 2. Elektromagnete. Letztere sind bei Erreger- und bei elektrischen Kraft- Maschinen allein angewendet. Elektricität und Magnetismus sind in ihren Beziehungen zu einander innig verwandte Erscheinungen. Sobald elektrischer Strom auf irgend eine Weise erzeugt wird, treten auch magnetische Erscheinungen auf und umgekehrt. Erzeugt man in einem geschlossenen Leitungsdrahte einen elektrischen Strom, so wird ein dazwischen gelegter vorher nicht magnetischer Eisenstab magnetisch und wird wie eine Magnetnadel einen positiven und einen negativen Pol zeigen. Denkt man sich mit dem positiven Strome schwimmend und sieht dabei den Eisenstab an, so hat man stets den Nordpol des Magnetes zur linken Hand.

Nimmt man umgekehrt eine Kupferspirale und schiebt durch dieselbe einen Magnetstab, so wird ein geeignetes Meßinstrument, z. B.

Digitized by Google

eine Magnetnadel, einen im Drahte entstandenen elektrischen Strom anzeigen. Je nachdem man den Nord- oder Südpol des Magnetes voran in die Drahtspirale schiebt, erzeugt man zwei einander gerade entgegengesetzte Stromrichtungen. Dasselbe geschieht auch bei jedem bloßen Annähern des Magnetes an die Drahtspirale. Umwindet man einen Eisenstab direct mit Kupferdraht und nähert seinen Enden einen Magnetpol z. B. den Nordpol, so entsteht in dem zunächst liegenden Ende des umhüllten Eisenstabes ein Südpol und ein zwischen den Enden der Drahtspirale eingeschaltetes Meßinstrument wird einen gleichzeitig auftretenden oder erregten elektrischen Strom daselbst anzeigen. Die Richtung des Stromes wird entgegengesetzt sein, sobald dem Eisenkern ein Südpol des Magnetes genähert wird und wird fortwährend wechseln, wenn z. B. abwechselnd der Nord- oder Südpol eines hufeisenförmigen Magnetes vor zwei mit Kupferdraht umwickelten Eisenkernen rotirt. Einen solchen Strom von stets wechselnder Richtung heißt man einen Wechselstrom. Die Anzahl der Richtungswechsel des Stromes heißt die Polwechselzahl.

Dieselbe Erscheinung der Stromerzeugung zeigt sich auch, wenn der Magnet stillsteht und die umwundenen Eisenkerne (Elektromagnete) rotiren. Die zur Erzeugung solcher Ströme nothwendige Rotation wird durch einen mechanischen Motor, (Wasser-Dampf- oder Gasmotor) bewirkt und also durch rein mechanische Arbeit ein elektrischer Strom erzeugt, worauf die Einrichtung der sogenannten dynamo-elektrischen oder kurz genannt Dynamo-Maschine, oder Generatoren beruht. Die ganz gleiche Einrichtung hat aber auch der Elektromotor oder die elektro-dynamische Maschine selbst. Leitet man nämlich den Strom, den man durch eine Drahtleitung dem Elektromotor vom Stromerreger aus zuführt, durch die Drahtspulen des Elektromotors, so werden diese vor den Magneten rotiren und, da erstere auf einer Drehungsachse befestigt sind, diese Achse in Rotation versetzen und dadurch umgekehrt die Wirkung des elektrischen Stromes wieder in eine mechanische Leistung zurückführen.

Bei der Beurtheilung der elektrischen Kraftleistung spricht man, wie bei jener des Wasserdampfes, von der Spannung und von der Menge (Intensität) der Elektricität. Die Einheit der Spannung heißt man Volt, jene der Elektricitätsmenge per Secunde geliefert aber Ampére. Die elektrische Arbeitseinheit ist das Product aus der Anzahl Volt mal der Anzahl Ampére, die der elektrische Motor liefert und wird Volt-Ampére oder auch Watt genannt (entsprechend der Einheit: Meter-Kilogramm eines Dampfmotors). Eine Maschinenpferde-

Digitized by Google

kraft z. B. der Dampfmotoren entspricht der elektrischen Leistung von 736 Watt oder mit Rücksicht auf Reibung und sonstige Effectverluste, besonders bei kleinen Motoren, von 1000—1200 Watt.

Für kurze Leitungen wählt man sogenannte Gleichstromerreger und Motoren, für größere Entfernungen zwischen Stromerreger und Fabrik, daher längere Drahtleitungen aber Wechselstrom-Erreger und -Motoren. Die Wechselstrommaschinen werden neuestens zumeist nur als Drehstrommaschinen gebaut. Reine Wechselstrom- und Drehstromerreger erfordern zum Angehen „unter Belastung" stets neben sich eine eigene kleine Gleichstrommaschine als Hilfsmaschine. Da die Wechsel- und Drehstrommaschinen sehr hohe Spannungen des Stromes liefern, so erfordern sie nur dünnere Drähte und ersparen daher bei sehr langen Leitungen große Kosten des Kupferdrahtes. Geringere Spannung erfordert nämlich dickere Drähte zur Weiterleitung.

Transformatoren heißt man jene Vorrichtungen, welche die hohen Spannungen der Wechsel- oder Drehstrommaschinen aus Sicherheitsgründen an der Verwendungsstelle in solche von niedrigerer Spannung und größerer Elektricitätsmenge verwandeln und dadurch die mechanische Arbeitsleistung (Watt' Anzahl) unverändert lassen.

Feldmagnete sind jene feststehenden Elektromagnete der Dynamomaschine, in deren magnetischem Wirkungskreise (Felde) die elektrischen Ströme (Inductionsströme) zu Stande kommen.

Armatur oder Anker ist der rotirende Theil der Dynamo; der eiserne Bestandtheil des rotirenden Theiles (Cylinder oder Ring) heißt der Armaturkern; seine kupferne Drahtumwicklung hingegen die Armatur- oder Ankerwicklung. Commutator oder Collector (Umwandler oder Sammler) ist jene Vorrichtung, welche den durch das Rotiren entstandenen elektrischen Nutzstrom sammelt und auf die feststehenden sogenannten Bürsten überträgt. Leitungsfähigkeit eines Körpers ist der Grad des Bestrebens desselben, elektrische Arbeit (Stromerzeugung oder Leitung) zu leisten; derselben im Begriffe entgegengesetzt ist der sogenannte „Leitungswiderstand".

Isolatoren oder schlechte Leiter sind jene Körper, die sehr bedeutenden Leitungswiderstand besitzen z. B. trockenes Glas, Porzellan, Holz u. s. w. Isolirt sein, heißt durch Zwischenlage schlechter Leiter gegen Stromverlust geschützt sein.

Das Gegentheil von isolirt sein, heißt man „in Contact" sein.

Leiter der Elektricität sind jene Körper, die der Erregung, Weiterleitung und Abgabe der Elektricität nur geringen Widerstand entgegensetzen z. B. Eisen, Kupfer u. s. w., feuchte Luft, Wasser und die Erde.

Digitized by Google

Der dauernde elektrische Strom beansprucht zu seinem Bestehen immer einen geschlossenen Leiter und ist mit einem vollständigen Kreislaufe zu vergleichen d. h. in sich zurückkehrend oder endlos.

Klemmenspannung heißt man die Größe der Wirkung des elektrischen Stromes an den Verbindungsklemmen der verschieden stark wirkenden Elektricitätsquellen.

Die Strommenge ist in einem ungetheilten, d. h. nicht unterbrochenen Leitungsdrahte an allen Stellen der ganzen Länge desselben gleich groß ohne Rücksicht auf Verschiedenheiten in dessen Querschnitt.

Rheostat (Widerstands-Einschalter) heißt jene Vorrichtung, durch welche die elektrische Spannung des Stromes sowie die Umdrehungsgeschwindigkeit der Triebwelle bei wechselndem Krafterfordernis regulirt werden kann; er besteht im Wesentlichen aus einem Schaltbrett mit drehbarer Kurbel und bogenförmig vertheilten Metallknöpfen; durch Drehung der Kurbel werden verschieden starke Widerstände nach dem jeweiligen Krafterfordernis, z. B., Drahtstücke von schlechter leitenden Metallen oder Querschnitt in den Hauptstrom eingeschaltet.

Voltameter ist der Apparat, durch welchen (ähnlich dem Zwecke des Manometers) die Höhe der jeweiligen Stromspannung, Ampéremeter jener Apparat, durch welchen die per Secunde zuströmende Elektricitätsmenge gemessen und durch einen auf einen Gradbogen weisenden Zeiger ersichtlich und ablesbar gemacht wird.

Ohm heißt man die Einheit des Widerstandes in der Leitung und versteht darunter jene Geschwindigkeit, wobei ein elektrischer Strom von 1 Ohm Widerstand in einer Secunde die Länge eines Erdmeridianquadranten (Viertelkreis des Erdumfanges) durchläuft (während er ohne Widerstand in einer Secunde 7mal die Erde umkreisen kann).

Kurzschluß heißt man jene Erscheinung, wobei der elektrische Strom z. B. bei Zerstörung des Isolirmittels zwischen den einzelnen neben einander gewickelten Drähten der Spulen, oder durch Naßwerden der Isolirung gegen die Erde u. s. w. nicht mehr die ganze Leitung durchfließt, sondern auf dem kürzesten Wege seinen Kreislauf zu vollenden strebt. Hieher gehört auch der Ausdruck „Erdschluß", d. i. ein Ableiten des Stromes durch leitende Verbindung mit dem Erdreich.

Die Stromerregermaschine (dynamo-elektrische) heißt man auch primäre (erste) und den die Stromwirkung wieder in mechanische Leistung verwandelnden eigentlichen Elektromotor die secundäre (zweite) elektrische Maschine oder Elektro-Dynamo.

Die elektrische Kraft läßt sich auf sehr weite Entfernung übertragen, doch geht dann fast die Hälfte ihrer mechanischen Wirkung durch

Digitized by Google

Wärmeentwicklung in der Leitung und Reibung in der hiezu nöthigen großen Primärmaschine verloren, d. h. wenn der mechanische Motor an der Ursprungsstelle z. B. ein Wasserrad oder eine Dampfmaschine einen Nutzeffect von z. B. 100 Pferdekräften liefert, so liefert dann der eigentliche Elektromotor nur 50 Pferdekräfte für den Betrieb der Arbeitsmaschinen.

Unter Ein- und Ausschalten eines Elektromotors versteht man das In- oder Außerbetriebsetzen desselben, welches durch Andrücken beziehungsweise Abheben der um ein Charnier drehbaren Stromabnehmer (Bürsten) mittelst einer isolirten Handhabe (Holzgriff) an oder von dem Collector weg geschieht, wodurch der Motor außer Bereich des elektrischen Nutzstromes der Primärmaschine gebracht wird. — Nach ihrer Construction unterscheidet man folgende elektrische Erreger-Maschinen und Benennungen derselben:

1. Gleichstrommaschine heißt man jene, bei der bei jedem Polwechsel d. i. bei jeder vollen Umdrehung je zwei einander entgegengesetzte Ströme erregt oder induziert werden. Die entsprechende Stellung der Bürsten am Komutator macht es möglich, in den äußeren Stromkreis (Nutzleitung) nur Ströme einer Richtung zu senden.

2. Wechselstrommaschine ist jene, bei der während des Rotirens der Elektromagnete in den feststehenden Erregerspulen während einer Umdrehung eine große Zahl von Strömen entsteht, deren Richtung fortwährend wechselt und durch sinnreiche Verbindung der gleichgerichteten Ströme im feststehenden Kranze, ohne alle besondere Apparate als gleichgerichtete Ströme in den Nutzstrom übergehen. Ihre Electromotoren gehen unter Belastung nicht selbstthätig an und bedürfen, wie auch die Drehstrommotore dazu einerkleinen Gleichstrommaschine als Erreger.

3. Drehstrommaschine ist die neueste Verbesserung der Wechselstrommaschine, wobei in den Wicklungen des Ankers drei um 120° der vollen Umdrehung (360°) von einander abstehende Wechselströme entstehen, die zu einem festen Punkte des Ankers geleitet, eine ständige Drehung ohne Nebenapparate (Bürsten, Stromwender) und ein Angehen des Motors bei voller Belastung, d. i. bei eingehängten Arbeitsmaschinen gestatten. Dem gleichgestalteten Elektromotor wird der Nutzstrom ebenfalls zu diesem festen Punkte des fixen Ankers zugeleitet. Nach der gegenseitigen Lage der Elektromagnete und des Ankers unterscheidet man:

1. Innenpolmaschinen, d. i. jene Bauart der Gleich-, Wechsel-, und Drehstrommaschinen, bei der die Elektromagnete sternförmig auf der Triebachse befestigt sind und mit derselben rotiren, während die von ihnen erregten Ströme in einem am Gestelle befestigten, somit ruhig

Digitized by Google

stehenden mit Drahtspulen bewickelten Eisenringe (Gramme'scher Ring), der sie von außen umgibt, bei der Drehung Ströme hervorrufen und so gegenseitig sich in Stromerregung erhalten und die Rotation bewirken.

2. Außenpolmaschinen sind hingegen diejenigen, wo die Elektromagnete außen angebracht sind und feststehen, während der Spulenring oder der cylindrische sogenannte Trommelanker innen auf der Triebachse sitzt und mit derselben rotirt.

Je nach der ihr zugedachten Verwendungsart wird die elektrische Maschine mit einer gewissen Bewicklungs- und Schaltungsweise der Schenkel des Elektromagnetes versehen und hienach unterscheidet man folgende Gleichstrommaschinen:

1. Maschinen mit Serien- oder Reihenschaltung, bei welcher die Magnete mit dem Anker unmittelbar hinter einander in den Stromkreis eingeschaltet sind; dieselben werden für sehr genau gehenden Betrieb verwendet (Lichtmaschinen).

2. Maschinen mit Nebenschlußschaltung, bei welchen die Magnete erst im Nebenschluß zum äußeren Stromkreise geschaltet sind; diese erfordern zum genauen Gange stets einen Regulirwiderstand (Rheostat). Zum Laden von Accumulatoren sehr geeignet.

3. Maschinen mit gemischter Schaltung welche obige zwei Bewicklungsweisen und Schaltungen vereinigt haben. Letztere heißt man auch Kompound- (Verbund-) Maschinen.

---

11. Einrichtung der wichtigsten Electromotoren der Industrie.

Die derzeit in der Praxis verwendeten Electromotoren theilt man, wie ihre Generatoren, in folgende drei Hauptgattungen: 1. in Gleichstrommaschinen, 2. in Wechselstrommaschinen und 3. in Drehstrommaschinen.

Bei Erörterung der Elektromotoren sei hier des Haupterfinders und Ausbildners derselben gedacht, dessen Erfindungen und praktische Gestaltungen das ganze Gebiet der neuesten Elektrotechnik umfassen. Es ist dies: Ernst Werner von Siemens geboren 13. Dec. 1816 zu Lenthe in Hannover, Physiker und Ingenieur (gest. 6./12. 1892). Er gehörte einer durch zahlreiche Erfindungen und wissenschaftliche Arbeiten berühmten Familie an, deren Thätigkeit den Stolz der deutschen Techniker bildet. Seine vier Brüder sind: Karl Georg, Adolf, Karl Wilhelm und Friedrich.

Digitized by Google

Die Hauptgeschäftsniederlassungen dieser von den Genannten gegründeten und derzeit geführten Unternehmungen befinden sich in London, Berlin, Wien und Petersburg.

Als Begründer der ersten Anfänge der elektrischen Kraftübertragung sind ferner zu nennen: Plante, Faure (Accumulatoren) Pixi, Saxton, Stöhrer und Gramme (Ringinductor). Diese ersten Versuche waren jedoch für den industriellen Großbetrieb zumeist von untergeordneter Bedeutung. Die Erfinder des Drehstromes sind Ferini und Nikola Tesla.

Die Einrichtung dieser Motoren ist im Nachfolgenden durch Musterconstructionen der neuesten Formen der für Oesterreich und Deutschland wichtigsten Fabriksfirmen: Siemens & Halske in Berlin und Wien, Ganz in Budapest, Elektricitätswerk in Aachen u. s. w. dargestellt.

A. Gleichstrommotore.

1. Gleichstrommaschine von Siemens & Halske. Die Wirkungsweise jeder dynamoelektrischen Maschine beruht im Wesentlichen darauf, daß in einem in sich geschlossenen endlosen Elektricitätsleiter ein elektrischer Strom entsteht, wenn ein Theil jenes Leiters zwischen zwei einander entgegengesetzten Magnetpolen (positiven und negativen), die in feststehenden oder sich bewegenden (rotirenden) Eisen auftreten können, hindurch geführt wird.

Das Wesen der Einrichtung dieses Motors (hier eigentlich als Primärmaschine aufzufassen) ist aus Fig. 1. deutlich zu ersehen. Der Erreger $n\,s$, durch dessen rotirende Bewegung der elektrische Strom erzeugt wird, besteht aus einem umsponnenen (isolirten) Kupferdrahte, welcher in mehreren Abtheilungen und in vielen Windungen auf einen eisernen Kern $n\,s$ derartig gewickelt ist, daß derselbe die ganze äußere Oberfläche dieses Eisenkernes (Anker) mit Einschluß der Stirnseiten bedeckt. Dieser Kern wird hier aus einem um seine wagrechte Längsachse A drehbaren, aus weichem Eisendrahte oder Eisenbleche bestehenden hohlen oder massiven Cylinder (Walze) $n\,s$ gebildet, um welchen der Wickelmantel, aus den isolirten Kupferdrähten geformt, gelegt ist. Der so angefertigte Cylinder- oder Trommelanker wird beiderseits von entsprechend ausgehöhlten Eisenstücken $S\,N$ in geringer Entfernung (zangenartig) umfaßt, welche durch die beiden Schenkelenden (Pole) eines hufeisenförmigen Elektromagnetes $S\,O\,N$ gebildet werden.

Durch Einwirkung der beiden Elektromagnetschenkel (magnetisches Feld) werden während der Ingangsetzung der Primärmaschine (durch den mechanischen Motor) in den beiderseits von dem rotirenden Anker $n\,s$ befindlichen und denselben eng umschließenden Eisenstücken kräftige

Digitized by Google

Magnetpole von einander entgegengesetzter Wirkung hervorgerufen. Der innere Eisenkern *n s* des rotirenden Ankers wird durch sich dabei in seinem Drahtmantel bildende elektrische Ströme selbst zu einem Elektromagnet, welcher den Polen der feststehenden Magnetschenkel *S N* stets entgegengesetzte Pole zuwendet. Der Commutator oder Collector (Gleichrichter oder Sammler) genannte Apparat bezweckt die eventuell einander entgegengesetzt in ihrer Richtung wirkenden elektrischen Ströme einerseits in gleichgerichtete zu verwandeln, anderseits an einer Stelle zu vereinigen (sammeln), um sie als Nutzstrom von dieser Stelle aus zu

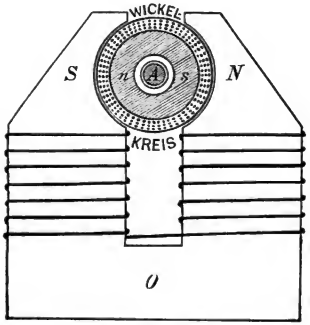


Fig. 1.

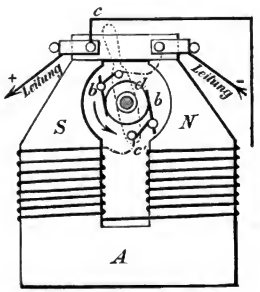


Fig. 2.

weiterer Wirksamkeit, d. i. von der Stromerregermaschine (Primärmaschine) durch eine Drahtleitung zu dem Elektromotor (Secundärmaschine) zur Umwandlung in eine mechanische Arbeitsleistung ableiten zu können.

Der dieses bewirkende Commutator besteht aus einer Anzahl (so viel als auf der Armatur Spulen aufgewickelt sind, mit welchen diese durch Drähte verbunden werden) unter einander isolirter Metallbogenstücke, Lamellen, welche in ihrer Gesammtheit einen auf die Ankerachse aufgeschobenen und mit derselben rotirenden hohlen Cylinder bilden. Am Mantel dieses mitrotirenden Cylinders werden an mehreren Stellen sogenannte Bürsten, d. s. Schleiffedern, aus elastischem Kupferdrahte oder einem Paquet Metallstreifen gebildet, die in steter Berührung an den Cylinder (Sammler) angedrückt sind, und von diesen Schleiffedern aus durch an diese befestigte Leitungsdrähte wird der Nutzstrom den Bürsten der Secundärmaschine (Elektromotor) zugeführt. Der

Digitized by Google

so zugeleitete Nutzstrom versetzt den Anker des Elektromotors gleichfalls in eine ständige drehende Bewegung, welche von dessen Achse entweder direct oder durch Riemenscheiben auf die Arbeitsmaschinen übertragen wird. Fig. 2 zeigt die Anordnung der Drahtwicklung der feststehenden Elektromagnete *S A N*, die Führung der Leitung zu den Bürsten *b*, welche am Umfange des Commutators *a* berührend anliegen und durch einen Hebel *c c'* von Hand aus verstellt werden können. Durch Umkehrung des Stromes im Anker oder in den Magneten kann auch die Umdrehung der rotirenden Achse umgekehrt (reversirt) werden. Die Stromabnehmer (Bürsten) werden durch schwaches Andrücken (unter möglichster Vermeidung des ihrem längeren Bestande schädlichen Funkensprühens) an die Lamellen des Stromsammlers zur Abnahme und Fortleitung des Stromes bei Primärmaschinen, bei Motoren jedoch zur Zuleitung des Nutzstromes und Verwandlung desselben in mechanische Arbeit benützt.

Man unterscheidet derzeit zwei Hauptgattungen von Ankerwicklungen nämlich nach ihren Erfindern benannt:

1. den Siemens'schen Trommelanker und 2. den Gramme'schen Ringanker.

Fig. 3. zeigt in übersichtlicher Weise die Armatur eines Siemens'schen Trommelankers. *A A* ist der cylindrische Theil, auf welchen die

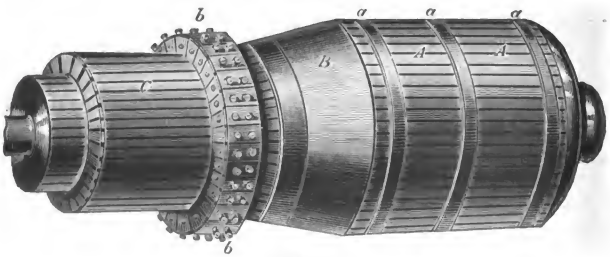


Fig. 3.

Windungen der mit Isolirstoff bedeckten Drahtspulen gleichlaufend mit den geraden Mantellinien laufen, *B* ist der kegelförmige Theil, auf welchen die Enddrähte sämmtlicher Spulen dem Stromsammler (Collector) *C* zugeführt werden, auf dessen walzenförmigen Mantel die von einander isolirten geradlinig geformten Lamellen befestigt sind. Jede einzelne Lamelle ist bei *b* mit einem kistchenförmigen Ansatze versehen, an welchem

Digitized by Google

sich Klemmschrauben zum Befestigen der einzelnen Spuldrahtenden befinden. Dadurch wird jeder Lamelle der in der zugehörigen Spule erregte Strom zugeführt, von den am Collector angedrückten Bürsten die Summe dieser einzelnen Ströme gesammelt und als kräftiger Nutzstrom dem Elektromotor zugeführt. Umgekehrt führen die Bürsten am Collector des Motors in ähnlicher Weise den Nutzstrom den einzelnen Spulen der zugehörigen Trommel zu und versetzen die letztere daselbst unter steter Wechselwirkung mit ihren Elektromagneten in eine ständige Umdrehung.

Gramme'scher Ring. In Fig. 4 (Längenschnitt) ist derselbe bei *A* in Verbindung mit den Elektromagneten *E E'* zu einem Elektromotor zusammengestellt, abgebildet. Der Ring *A* selbst besteht hier aus

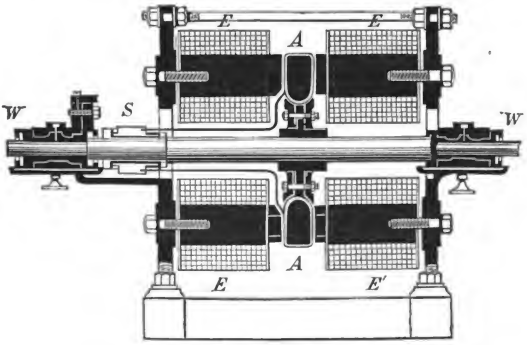


Fig. 4.

einem 1 *mm* dicken blanken Eisendrahte im Kerne, dessen ganze Außenfläche mit 40 Spulen 2 *mm* dicken Kupferdrahtes umwickelt ist; die Windungszahl der Spulen ist hier 20. Aus der Figur ersieht man auch, wie dieser Gramme'sche Ring *A* mit der Arbeitswelle *W W'* verbunden ist, um ihr seine drehende Bewegung mitzutheilen. *E E'* sind die feststehenden Magnete, am Gestellrahmen angeschraubt; die Magnete sind 200 *mm* lang, haben einen Kerndurchmesser von 90 *mm* und sind bis zu einem äußeren Durchmesser von 170 *mm* bewickelt mit 3 Lagen 5 *mm* und 10 Lagen 1 *mm* dicken Kupferdrahtes. Die Enden der auf dem Ringe *A* aufgewickelten Spulen sind mit den einzelnen Lamellen des Stromsammlers *S* verschraubt und übertragen die einzelnen Ströme von den Lamellen des Stromsammlers auf die Spulen des Ringes. Der Nutz-

Digitized by Google

strom wird dem Stromsammler beim Betriebe von der Stromerregermaschine durch die Stromleitung und zugehörigen Bürsten zugeleitet.

Vergleich der beiden Ankerformen: 1. die magnetische Anordnung ist beim Trommelanker besser als beim Ringanker, da der größere Eisenquerschnitt des Ankerkerns und die Vermeidung der beim Ringanker unvermeidlichen starken, beim Flachring sogar doppelten Krümmung der sogenannten Kraftlinien eine wesentlich größere Zahl von magnetischen Kraftlinien zuläßt. Dagegen sind die Drähte dem Verbiegen durch die Fliehkraft beim Trommelanker mehr als beim Ringanker ausgesetzt. Daher ist die größte zulässige Umfangsgeschwindigkeit beim Trommelanker etwa 15, beim Flachringanker 20 *m* in der Secunde. Gute Lüftung behufs Abkühlung ist beim Ringanker viel leichter als beim Trommelanker zu erreichen.

Bemerkungen über die Herstellung des Stromsammlers und Abnehmers. 1. Auf die Herstellung des Stromsammlers ist die größte Sorgfalt zu verwenden. Die einzelnen Lamellen, meistens aus Phosphorbronze gegossen (neuerdings auch aus Eisen) werden durch 0·8 bis 1 *mm* starke Blätter aus Preßcarton oder Glimmer isolirt und durch Kegelschrauben auf einer Büchse fest verbunden. Ende und Anfang von je 2 benachbarten Spulen sind am besten durch einen gemeinsamen Draht zum Stromsammler zu führen und mit letzterem durch Verschraubung oder besser Löthen zu verbinden. Bei sehr großen langsam gehenden Maschinen mit Cylinderring und Innenpolen läßt man die Stromabnehmer auf der als Stromsammler ausgebildeten äußeren Cylinderfläche schleifen. 2. Bürsten und Stromsammler sind nicht aus demselben Materiale (für Bürsten weicheres Material) zu machen. Die Bürsten aus Blechlamellen, Drahtbündeln oder Drahtgeweben bestehend, sollen fest, jedoch federnd auf dem Stromsammler schleifen und verstellbar sein. Man ordne mindestens zwei Bürsten nebeneinander an, um eine Auswechslung in Betriebe zu ermöglichen.

3. Die Bürsten sind stets auf die geringste Funkenbildung einzustellen. Diese Punkte fallen nahezu mit den Punkten des größten Spannungsunterschiedes zusammen. Bei zweipoligen Maschinen begrenzen letztere einen Durchmesser, der gegen die neutrale Achse (gleichweit von den Polen der Elektromagnete) des magnetischen Feldes in der Drehrichtung um einen gewissen Winkel verschoben ist. Dieser Winkel wächst mit der Ankerstromstärke. Er ist um so größer, je größer die magnetische Rückwirkung des Ankerstromes ist d. h. je mehr Windungen der Anker für eine bestimmte Spannung erhalten muß. Er ist um so

Digitized by Google

kleiner, je mehr Eisen die Maschinen für die gleiche Leistung enthalten. Bei n-poligen Maschinen mit Kreuzverbindung im Anker haben die beiden Punkte $\frac{360^0}{n}$ Abstand.

Der Elektromotor (Siemens und Halske) besteht wie die Stromerregermaschine im Wesentlichen aus zwei Theilen und ist in Fig. 5 in perspectivischer Weise in einer seiner, für kleinere Betriebe geeigneten, Musterform dargestellt. Hier bedeutet *A* den Elektromagnet, der, feststehend, am Gestelle *H* befestigt mit seinen beiden hier sichel-

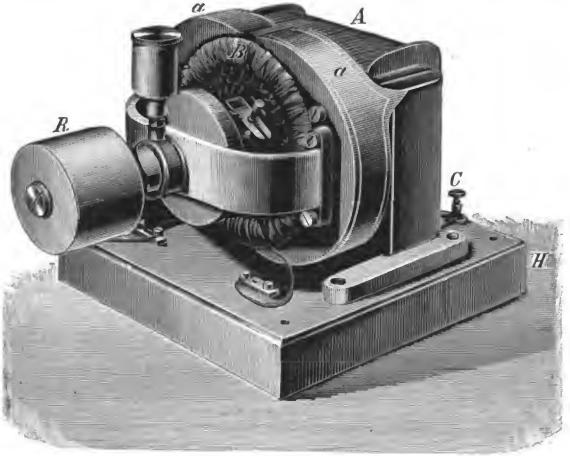


Fig. 5.

förmig gestalteten sogenannten Polschuhen *a* den Gramme'schen Ring *B* (Anker) umgreift und demselben ein großes wirksames magnetisches Feld darbietet. Bei *b* sieht man eine der beiden Bürsten (Stromzuführer), deren Drähte zu den auf der Sohlplatte bei *C* befestigten Klemmen führen, in welch' letztere sich die Drähte des vom Stromerreger (Primärmaschine) kommenden Nutzstromes beim Betriebe ebenfalls einklemmen lassen. *R* ist die auf der Triebachse sitzende Riemenscheibe zur Uebertragung der mechanischen Leistung auf die damit zu betreibenden Arbeitsmaschinen. Diese Motoren werden in 4 Größen ausgeführt, für 0·1, 0·2, 0·5 und 1 Pferdestärke. Ihre Umlaufszahl wechselt zwischen etwa 2500 und

Digitized by Google

1400 Touren. Links ist die Schmiervase zum Einölen des Lagers. Die beiden Wellenlager befinden sich in einem Rothgußstücke *r*, beide auf derselben hier ersichtlichen Seite des Ringankers, so daß dieser schwebend auf der in's Innere des Gestelles fortgesetzten Triebachse sitzt. Für die Lager wird feste Schmierung verwendet. Als Bürsten werden hier auch häufig Kohlenstückchen angewendet. Diese Motoren sind auf einem Holz-

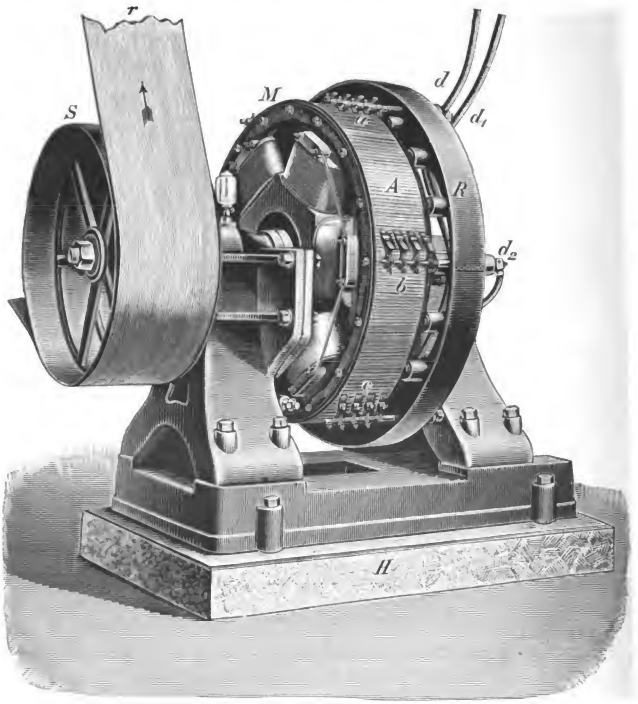


Fig. 6.

brette H montirt. Sie bedürfen nur wenig Wartung, laufen fast geräuschlos und können in jeder Lage: direct an der Wand, am Fußboden oder an der Werkzeugmaschine angebracht werden.

Digitized by Google

Gleichstrommotor für größere Arbeitsleistungen (Siemens & Halske). Derselbe, in Fig. 6 dargestellt, ist ein langsamer laufender Motor, der in Größen von 20—1000 Pferdestärken gebaut wird. Dieser Motor besteht im Wesentlichen aus einem Sterne von Feldmagneten *M* (Innenpolmaschine) aus Schmiedeisen mit Polschuhen, die radial nach außen gestellt, auf der Triebachse befestigt sind und mit derselben rotiren.

Der Anker *A*, hier feststehend, hat die Form eines Gramme'schen Ringes, der die rotirenden Pole umgibt. Der Commutator wird hier fortgelassen (siehe Fig. 6), indem die Außenseite der feststehenden Ringankerbewicklung *A* blank (abgedreht) gemacht und hier direct der elektrische Nutzstrom durch die am blanken Umfange angedrückten Bürsten *a*, *b*, *c* ... durch zu jeder Bürste führende Leitungsdrähte *d*, d_1, d_2 ... von der Erregermaschine zugeleitet wird. Mittelst des verstellbaren Ringes *R* lassen sich sämmtliche kreisförmig vertheilte Bürsten gleichzeitig abheben und anlegen (beim Abstellen oder Anlassen des Motors). Der Strom wird dem Anker *A* an ebenso viel Stellen (in Fig; 6 an 6 Stellen) durch Bürsten zugeführt als Elektromagnete im Inneren des Ringes *A* kreisen. Der Stellring *R* wird durch Zahnrad, Zahnstange und Handradübersetzung verstellt. *S* ist die Riemenscheibe, *r* der Treibriemen zur Uebertragung der drehenden Bewegung der Motorachse auf die Arbeitsachsen der Werkzeugmaschinen. *H* ist eine starke Holzplatte, auf welche der Motor angeschraubt und gegen Erdschluß isolirt ist.

Gleichstrommotor von van Depoele für Straßenbahnbetrieb. Die Abbildung und nähere Beschreibung desselben folgt im nächsten Capitel.

B. Wechselstrommotore.*)

Wechselstrommotor von Ganz in Budapest in Fig. 7 in der Seiten-, in Fig. 8 in Längenansicht und theilweisem Durchschnitte dargestellt. Derselbe hat feststehende Ankerspulen, die am Umfange des kreisförmigen Gestelles *T R T* gleichförmig vertheilt und an demselben durch *T* förmige Traversen mit je zwei Schrauben befestigt sind, durch deren Lösung sich jede einzelne Spule behufs Auswechslung (Reparatur) entfernen läßt. Innerhalb dieses hier feststehenden Inductionsspulenmantels befinden sich die eigentlichen Elektromagnete (Innenpolmaschine), die einen rotirenden Stern bilden. Die feststehenden Inductionsspulen

*) Die Wechselstrommotore haben entweder dieselbe Polwechselzahl wie ihre Erregermaschinen, dann heißt man sie synchrone (gleichzahlige- oder- zeitige) Motore, (sie gehen unter Belastung nicht an) oder sie sind asynchrone Motore, welche unter Belastung angehen, aber bei fallender Belastung bedeutend schneller laufen, also einen ungleichmäßigen Gang haben.

Digitized by Google

haben Kerne aus zusammengepreßten, isolirten *T* förmigen Eisenblechen, auf deren Stege die Spulen*) aufgewickelt und durch Bronzeklammern gehalten werden. Jeder Kern ist mit seiner Spule an die oberwähnte Traverse geschraubt und bildet mit dieser ein festes Ganze. Die Elektromagnete *E* des Sternes sind ebenso mit Kernen aus Eisenblechen versehen, die an der Radnabe des Sternes *N* durch durchgesteckte Schrauben sicher befestigt werden können. Die Fig. 8 zeigt außerdem die beider-

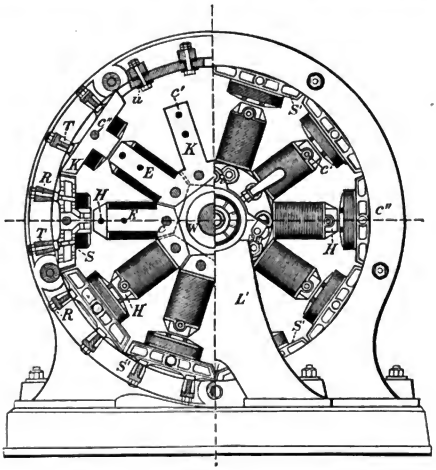


Fig. 7.

seitige Lagerung der Triebachse in starken gußeisernen Ständern, die auf eine eiserne Sohlplatte mit Schrauben verstellbar befestigt sind. An der äußersten linken Seite von Fig. 8 zeigt sich die Scheibe zum Anlegen des Arbeitsriemens beim Betriebe und am äußersten Ende rechts (in halber Höhe) der Commutator mit oberhalb desselben angebrachten zwei Bürsten zum Gleichrichten eines Theiles des elektrischen Stromes, um dadurch einen besonderen Gleichstromerreger zu ersparen. Wie bereits erwähnt bedarf sonst jeder Wechselstrommotor zur ersten Erregung ihrer Elektromagnete

*) Da die aufeinander folgenden Elektromagnete in ihrer Richtung wechselnde Ströme erzeugen, so sind die Spulen abwechselnd mit einander entgegengesetzt gewickelten Drähten versehen, um eine constante Drehrichtung zu erzielen. Das Nähere über Transformatoren ist im IV. Abschnitt enthalten.

Digitized by Google

einer eigenen kleinen Gleichstrommaschine, um unter Arbeitsbelastung angehen zu können. Die Sohlplatte jeder elektrischen Maschine muß wegen Isolirung (Verhütung der Stromableitung in die Erde) stets zu unterst auf ein Holzfundament gestellt werden. Der Strom wird von feststehenden Klemmen am ruhig stehenden Ringgestelle der Inductionsspulen abgenommen (bei der Primärmaschine), beziehungsweise (bei den Motoren) zugeleitet.

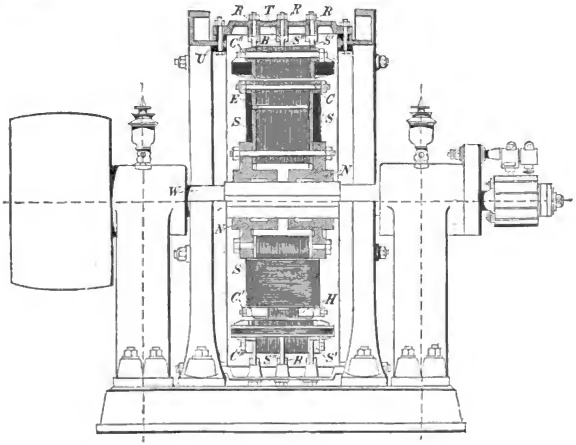


Fig. 8.

C. Drehstrommaschinen.

Da beim Betriebe von Werkzeugmaschinen oder Fahrzeugen es fast immer nothwendig ist, den Elektromotor „unter Belastung" anlaufen zu lassen, verwendet man derzeit statt des reinen Wechselstromes hiezu den sogenannten Drehstrom (oder auch den Gleichstrom). Drehstrom heißt man eine Verbindung von drei in ihrer Wirkungszeit (Phase) um 120° ($^1/_3$ Wellenlänge) gegen einander verschobenen Wechselströmen. Die Zuleitungsweise der drei Wechselströme und ihre Wirkungsvereinigung im Anker zeigt Fig. 9. Man erkennt hier drei verschiedene Wicklungen, die von *a*, *b*, *c* ausgehen und in *d* mit einander verbunden sind. Jede dieser Wicklungen erzeugt einen Wechselstrom; letztere werden an den 3 Klemmen der Drehstrommaschine abgenommen. Durch diese Vereinigung wird aber nicht nur eine constante Drehungs-

Digitized by Google

richtung der Arbeitsachse, sondern auch eine außerordentliche Steigerung der Spannungshöhe erzielt, so daß die Drehstrommaschinen Spannungen von 5000 Volt erzeugen können und für die größten Arbeitsleistungen genügen. Derartig hohe Spannungen eignen sich aber wegen ihrer Gefährlichkeit nicht zum directen Betriebe von Kraftanlagen; es muß daher mittelst eines sogenannten Drehstrom-Transformators (Umwandlers) die hohe Spannung am Verbrauchsorte in eine niedrige umgewandelt

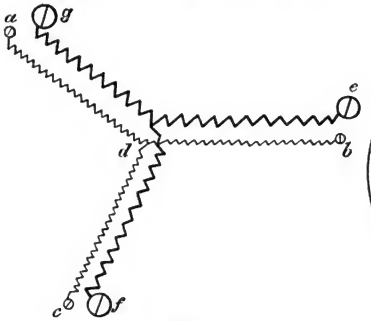


Fig. 9.

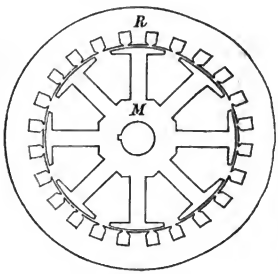


Fig. 10.

werden. Auf Kosten der verminderten Spannungshöhe wird jedoch die Strommenge entsprechend vergrößert und dadurch die Arbeitsleistung (Product aus Spannung und Strommenge) in keiner Weise geschmälert. Dieser Transformator, in Fig. 9 durch die dicker gezeichneten Linien angedeutet, besteht in einer neben den dünneren Leitungen (Hochspannungsleitungen) *a*, *b*, *c*, *d* befindlichen zweiten Leitung (Niederspannungsleitung).

e f g (dichter gewickelten Spulen), die in den drei gleichnamigen Klemmen den Strom aus der Erregermaschine ableiten. Die Drehstrommotore selbst bestehen wie ihre Erregermaschinen aus einem unbeweglichen Theil, welcher dieselbe Schaltung Fig. 9, wie die letzteren mit 3 Klemmen und einen gemeinschaftlichen Punkt *d* besitzt; diesem unbeweglichen Theil werden die Wechselströme in den 3 Phasen zugeführt. Der drehbare Theil des Motors (auf der Arbeitsachse) erhält keinen Strom von außen zugeführt (im Gegensatze zu den Gleichstrommotoren). Die im drehbaren Theil kreisenden Ströme sehr niederer Spannung (durch Transformator vor ihrem Eintritte in die Arbeitsräume herabgesetzt) werden nur durch Erregung (Induction) durch den ihn umge-

Digitized by Google

benden festen Theil erzeugt. Bürsten, Stromsammler u. s. w. sind an denselben nicht angebracht, wodurch sich die Bedienung und Erhaltung dieses Motors bedeutend vereinfacht. Der derzeit in der Praxis eingeführte Drehstrommotor erfordert drei Drahtleitungen zur Verbindung mit der Stromerregermaschine, da in der Stromverkettung drei um 120° versetzte Spulen angewandt sind, denen der Nutzstrom zugeführt werden muß, um die Drehung des Magnetfeldes zu erzielen. Bei dem verketteten Drehstrome können Motoren und Lampen gemeinsam mit Strom versorgt werden, wobei Lampen und Spulen der Motoren zwischen je zwei Leitungen parallel geschaltet sind. — Siemens'sche Drehstrommaschine. Die Maschine besteht im Wesentlichen aus einem feststehenden äußeren Ring, dem Anker *R* (Fig. 10) und einem rotirenden inneren Kern mit den Feldmagneten *M*. Der magnetisch wirkende Theil des Ankers ist aus Eisenblechen zusammengesetzt, die durch Papier von einander isolirt sind. Er bildet einen Hohlcylinder, der auf seiner inneren Fläche die zur Aufnahme der Drahtwicklung bestimmten Nuthen (Vertiefungen) enthält. Die Bleche sind durch eine Anzahl Bolzen zusammengehalten und fest mit dem gußeisernen Gehäuse verschraubt. Die Feldmagnete werden ebenfalls aus Blech hergestellt; sie bilden einen Stern mit einer Anzahl radial gestellter mit Polschuhen versehener Pole, die einzeln mit Drahtumwicklung umgeben sind. Dieser Theil wird durch Gleichstrom magnetisirt, der durch zwei Schleifringe und die zugehörigen Bürsten von einer besonderen Erregermaschine der Wicklung zugeführt wird. Fig. 10 zeigt die massiven Theile der Maschine ohne Bewicklung. Die Ankerbewicklung besteht je nach der Spannung und Größe der Maschine aus Stäben, Kupferlitze oder Kupferdraht und ist von dem Eisenkörper sorgfältig durch Glimmer isolirt. An den Stirnflächen liegt die Wicklung frei und ist, wenn aus Drähten oder Litze hergestellt, mit Glimmer und Isolirband umwickelt. Bei der Drehstrommaschine werden alle Nuthen für die Wicklung benützt, siehe Fig. 11. Die Spule *a* wird in die Nuthen 1 und 4, Spule *b* in die Nuthen 3 und 6, Spule *c* in die Nuthen 5 und 8 gewickelt u. s. w. Dadurch erhält man 3 Stromkreise mit Strömen, die um 120° gegen einander verschoben sind. Diese 3 Zweige werden in der Regel in Sternschaltung verbunden (im sogenannten Nullpunkte) und die 3 Anfänge werden zu 3 Klemmen geführt, von denen der Strom zum Gebrauche bei dem Erreger abgenommen oder beim Motor zugeführt wird.

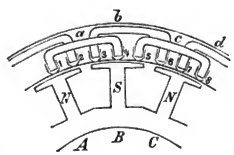


Fig. 11.

Digitized by Google

Schaltung der Gleichstrommotoren. Man benutzt im Allgemeinen zwei Arten von verschieden geschalteten Motoren. Bei den Reihenschlußmotoren durchfließt der Strom nacheinander die Feldmagnete und den Anker. Beide Theile sind also hinter einander geschaltet. Bei den Nebenschlußmotoren hingegen zweigen die beiden Kreise für die Feldmagnete und für den Anker von der einen Polklemme ab und treffen in der anderen Polklemme wieder zusammen. Der Nebenschlußmotor wird angewendet, wenn es sich darum handelt, eine constante Tourenzahl (große Gleichmäßigkeit des Ganges bei gleichbleibender Belastung der Maschine) zu erzielen; der Reihenschluß (Serien) Motor hingegen, wo die Belastung desselben (öfteres Ein- und Aushängen von Arbeitsmaschinen) häufig wechselt und es nicht so sehr auf genauen gleichmäßigen Gang ankömmt. Soll jedoch beides erreicht werden, so wendet man die gemischte Schaltung an.

Vorzüge der Elektromotoren gegenüber allen sonst gebräuchlichen Motoren sind folgende:

1. Ihr geringes Gewicht und geringer Raumbedarf. Das Gewicht beträgt etwa 50 Kilo für je eine Pferdestärke und kann für specielle Zwecke noch bedeutend vermindert werden. Der Motor kann daher überall mit Leichtigkeit angebracht werden.

2. Stoßfreier und geräuschloser Gang. Die Bewegung ist eine direct rotirende und verursacht daher weder Lärm noch Stöße, Erscheinungen, die bei Dampfmaschinen und Gasmotoren fast nie ganz zu beseitigen sind.

3. Gefahrlosigkeit. Die Bewegung des Elektromotors besteht nur in der Rotation runder Körper und gibt daher zu Verletzungen die denkbar geringste Veranlassung. Die Betriebsspannungen sind in der Regel niedrig, so daß elektrische Schläge keine Gefahr bringen. Ueberhitzungen der Leitungsdrähte, durch die Feuer oder Verbrennungen veranlaßt werden könnten, sind durch Anwendung von Bleisicherungen ausgeschlossen. Zur Aufstellung eines Elektromotors ist daher keine polizeiliche Bewilligung erforderlich. Nur in Räumen, welche explosible Gase enthalten, dürfen Elektromotore nicht aufgestellt werden, da durch die am Stromsammler auftretenden Funken jene Gase entzündet werden könnten.

4. Reinlichkeit des Betriebes. Der Elektromotor strahlt keine Wärme aus, wie die Dampf-, Gas- und Petroleummotoren, und verdirbt nicht die Luft mit übelriechenden Dämpfen und Gasen.

5. Einfache Bedienung. Die Bedienung beschränkt sich auf das zeitweilige Einölen der Lager, sorgfältige Reinhaltung des Strom-

Digitized by Google

sammlers, sowie auf die Einstellung der Stromabnehmer auf feuerlosen Gang. Letztere zwei Arbeiten fallen außerdem beim Betriebe von Maschinen mit feststehendem Anker und keinem Stromsammler (Drehstrommaschinen) auch weg. Das Anlassen und Abstellen des Elektromotors geschieht durch Umlegen der Kurbel des Anlaßwiderstandes, die Regulirung der Geschwindigkeit, wenn sie überhaupt nothwendig ist, durch Verstellen der Kurbel eines Regulirwiderstandes. Hiezu ist keinerlei Kraftaufwand erforderlich. Die Bedienung und der Gebrauch des Elektromotors kann daher in kürzester Zeit von jedem beliebigen verständigen Menschen gelernt werden. (Ersparung eines geprüften Wärters.)

6. Hoher Wirkungsgrad. Der Wirkungsgrad der Elektromotore beträgt schon bei etwa 1 Pferdekraft gegen 80 Procent und steigt bei größeren Motoren auf mehr als 90 Procent. Er ist auch bei geringer Beanspruchung gut, da der Stromverbrauch sich selbstthätig der Leistung entsprechend regelt.

7. Arbeitsbereitschaft. Ist der Motor an irgend eine Leitung einer Elektricitätsquelle angeschlossen z. B. an eine elektrische Centrale oder einen Accumulator, so steht seine Arbeitskraft ohne Zeitverlust in jedem Augenblicke zur Verfügung. Für alle Betriebe, die eine häufige Unterbrechung bedingen, ist der Elektromotor deshalb äußerst vortheilhaft, denn in den Ruhepausen verursacht er keinen Kostenaufwand, wie ihn z. B. bei Dampfmaschinen die Unterhaltung der Kesselfeuerung bedingt.

8. Aufstellung an beliebigen Orten. Derselbe kann in bewohnten Räumen, auf Bauplätzen und Bergwerken ohne Anstand und Gefahr benützt werden.

Bezugsquellen der Elektromotore. Für Deutschland und Oesterreich sind unter Anderen folgende Firmen, die sich auch größtentheils mit der Installirung vollständiger elektrischer Anlagen befassen, zu nennen: Siemens & Halske in Berlin und Wien, Ganz & Comp. in Budapest-Leobersdorf, elektrische Gesellschaft in Aachen, elektrische Gesellschaft in Berlin, Alwin Hempel in Dresden u. s. w., ferner elektrische Gesellschaft „Oerlikon" in Zürich (Schweiz) u. s. w.

Anlage einer Stromerreger- oder Primärstation. Um sich einen Begriff über eine derartige Anlage zu machen, ist in Fig. 12 der Längenschnitt, in Fig. 13 der Grundriß und in Fig. 14 der Querschnitt einer solchen Anlage für Dampfbetrieb dargestellt. Hier bedeutet *d*, *d* die beiden Dampfkessel, welche den Betriebsdampf durch das Leitungsrohr *e* den beiden stehenden Dampfmaschinen *c c* im Maschinenhause

Digitized by Google

liefern; *i i* . . . sind Riemenscheiben, durch welche die Drehung der Triebwelle durch Riemen auf die gegenüberstehenden Scheiben *b b* der Stromerregermaschinen *a b* . . . . übertragen wird. *k k* . . . Fig. 14 sind Leitrollen zum Spannen und Leiten der Riemen gegen die Scheibe *b* der Dynamo. In Fig. 14 sieht man auch die isolirende Holzunterlage und Fundirung für das Aufstellen der einzelnen Dynamomaschinen, um jede Ableitung des

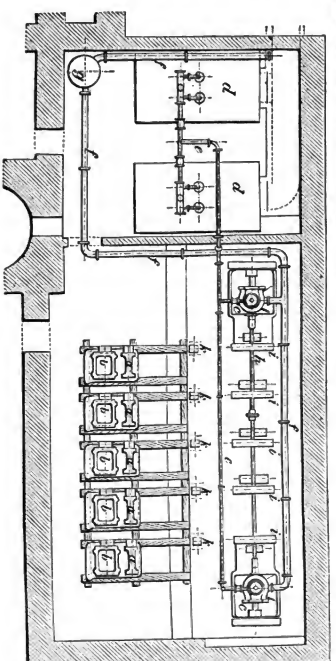


Fig. 12.

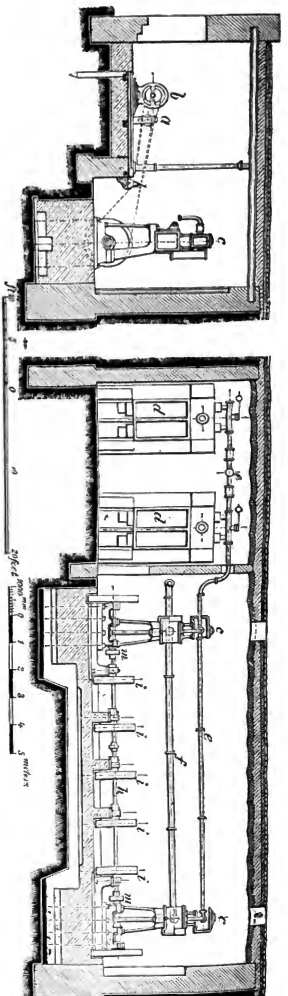


Fig. 13. Fig. 14.

Digitized by Google

erzeugten Stromes in die Erde zu verhindern. Bei Verwendung von Wasserkraft hat man sich statt der Dampfkessel ein Wasserrad oder eine Turbine zu denken, welche entweder durch eine Triebwelle und Riemenscheiben eine Reihe solcher Dynamos betreiben oder wobei eine Reihe von Turbinen aufgestellt ist und auf jeder Achse der einzelnen Turbinen eine Dynamomaschine unmittelbar aufsitzt, da bei der großen Umdrehungszahl einer Turbine keine weitere Uebersetzung und Erhöhung der Geschwindigkeit zwischen Turbine und Dynamo nöthig ist. Zum Betriebe für Dynamos wählt man bei Dampfkraftverwendung nur sogenannte „schnelllaufende Dampfmaschinen" z. B. Westinghouse-, Abraham'sche u. s. w. Dampfmaschinen, um Reibungsverluste und Kosten der Uebersetzung möglichst zu vermeiden. Aus der hier geschilderten Stromerregerstation wird der erzeugte Strom durch eine auf isolirten Trägern befestigte Nutzstrom-Drahtleitung der Secundärstation, wo die Elektromotoren fix aufgestellt sind, oder bei Straßenbahnen dem ortsverändernden Elektromotor durch eine von letzterem mitgezogene bewegliche Drahtleitung von der fixen Hauptleitung aus zugeleitet.

Aufstellungs- oder Anbringungsweisen eines Elektromotors beim Fabriksbetriebe.*) Um eine Fabrik durch einen Elektromotor zu betreiben, hat man folgende drei Arten der Aufstellung in der Praxis eingeführt:

1. Die Fabrik wird durch den Elektromotor in der gleichen Weise angetrieben **), wie durch eine Dampfmaschine, ein Wasserrad u. s. w., d. h. an Stelle der Fabriksdampfmaschine u. s. w. tritt der Elektromotor, der im gesonderten Maschinenhause aufgestellt wird und durch Riemenübersetzung die in die Arbeitsräume geleitete Fabrikswelle treibt (Centralbetrieb).

2. Die Fabrik wird in mehrere Unterabtheilungen getheilt und jede derselben durch einen eigenen Elektromotor betrieben, was man Gruppenbetrieb nennt.

---

*) Nach einer Abhandlung des Oberingenieurs Richter (Siemens & Halske).

**) Die für Riemen- oder Seilantrieb bestimmten Maschinen pflegt man, um jederzeit die Riemenspannung nachreguliren zu können, je nach der Anzahl der Lager auf 2—3 Gleitschienen aufzustellen. Die Verschiebung wird bei den kleinsten Maschinen durch Spannkloben bewirkt, die in eine Verzahnung der Schienen eingreifen, bei den größeren dagegen durch Schraubenwinden die durch Vierschlag und Knarrhebel gedreht werden. Die großen Maschinen erhalten keine Grundplatte, sondern werden mit 2 am Gehäuse angebrachten Ansätzen auf 2 seitlich angebrachte und auf dem Fundament ruhende gußeiserne Wangen aufgeschraubt.

Digitized by Google

3. Jede einzelne Arbeitsmaschine erhält ihren eigenen Elektromotor, was man Einzelantrieb heißt. — Die erste Art, die mit der eigentlichen elektrischen Kraftübertragung zusammenfällt, findet Verwendung bei Anlagen, wo eine entfernte Wasserkraft zum Betriebe der Fabrik benützt oder zur Verstärkung der Betriebskraft mit herangezogen werden soll. Dieselbe Ausnützung der Betriebskraft kommt auch in Fabriken mit weiter auseinander liegenden Arbeitsgebäuden vor. Es kann hier ein Betrieb durch Elektromotoren dem getheilten Dampfbetriebe gegenüber oft bedeutende Ersparnisse geben (Ersparung langer Dampfleitungen), wodurch sich z. B. in einem vorgekommenen praktischen Falle durch den elektrischen Antrieb eine Ersparnis von 54% erzielen ließ.

Der Gruppenantrieb, wobei jeder einzelne Fabrikssaal einen eigenen Elektromotor erhält, bietet die Vortheile, daß jeder Saal unabhängig von dem anderen ist, ja durch eigene Sicherheitskupplungen sogar in 2 von einander unabhängige Hälften zerlegt werden kann, was bei den in der Zeit oft wechselnden Arbeitsverhältnissen der Fabrik sehr wünschenswerth ist.

Die Haupttransmissionen, die durch Reibung u. s. w. eine Quelle großer Kraftverluste sind, sind bei Gruppenantrieb vermieden. Bei Nachtarbeiten einzelner Werkzeugmaschinen braucht daher auch nicht die ganze Transmission mitzulaufen sondern nur ein Theil der betreffenden Gruppe. Aber auch gegenüber einem Central-Elektromotor ist daher der Gruppenantrieb stets vorzuziehen. Der Einzelantrieb, d. h. die directe Vereinigung des Elektromotors mit jeder einzelnen Arbeitsmaschine, ist besonders dort am Platze, wo Arbeitsmaschinen zu betreiben sind, die mit großen Ruhepausen arbeiten z. B. Krahne, Hämmer u. s. w.

Der Einzelantrieb bildet mit der Arbeitsmaschine ein zusammengehöriges Ganzes. Man kann ja wohl auch, wie dies bei bereits aufgestellten Maschinen öfter vorkömmt, das Deckenvorgelege an der Decke lassen und es vom Elektromotor, sei es unmittelbar oder durch Riemen antreiben; die Zusammengehörigkeit ist aber dadurch nicht gefördert und die Beweglichkeit der Maschine beeinträchtigt. Besser ist es jedenfalls, Arbeits- und Motormaschine zusammen direct vereinigt zu bauen, denn dadurch fallen die Licht wegnehmenden Riemen fort, der ganze Arbeitsraum wird heller und freier für den Arbeiter. Am auffallendsten ist dieser Vortheil, wenn man den Anblick des Innenraumes einer mit Transmissionen durchkreuzten Fabrik bei Central-Motor mit jenem vergleicht, der sich bei Anwendung von Einzelmotoren an jeder Arbeitsmaschine vergleicht. Durch den Wegfall der kostspieligen, fortwährenden Schmierungen und Reparaturen unterliegenden Transmissionen und ihren Ersatz durch die

Digitized by Google

billige, dünne Drahtleitung werden bedeutende Kosten erspart und Sicherung gegen Unfälle, Betriebsunterbrechungen u. s. w. erreicht. Die wünschenswerthe Unabhängigkeit jeder einzelnen Arbeitsmaschine von der anderen ist vollständig erzielt. Bei schnell gehenden Arbeitsmaschinen kann die Achse des Elektromotors unmittelbar als Arbeitsachse verwendet werden. Langsamer gehende Arbeitsmaschinen lassen sich durch die Geschwindigkeit entsprechend regulirende Vorgelege von der Achse des Elektromotors antreiben. Hiebei finden auch die sogenannten Accumulatoren-Batterien, in welchen ein Stromvorrath aufgespeichert werden kann, besonders bei einzelnen Nachtarbeiten, wo die meist nur bei Tage laufende Stromerregermaschine still steht, eine äußerst vortheilhafte Anwendung.

Betrieb mit Accumulatoren. Die Accumulatoren (Stromaufspeicherer) bestehen aus einer Reihe (Batterie) fix aufgestellter und mit einander durch Drahtleitung verbundener Behälter, (Elemente), welche z. B. mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt werden, in welche je zwei Bleiplatten (mit Mennige überzogen) getaucht sind. Verbindet man ihre Drahtleitung mit den Bürsten einer Stromerregermaschine, so geht durch diese sogenannte Batterie der Nutzstrom und „ladet" dieselbe, d. h. er erregt in ihr einen kräftigen elektrischen Strom. Dieser Strom bewirkt in den Elementen eine chemische Veränderung und bei Ausschaltung des Nutzstromes entsteht in den Elementen ein umgekehrt gerichteter Strom, der so lange andauert, bis der ursprüngliche chemische Zustand in den Elementen wiederhergestellt ist; hierauf hört dieser erregte Strom in den Elementen auf und man sagt dann, die Batterie ist „entladen". Diesen Strom in den Elementen kann man dann als Nutzstrom zur Bewegung eines Elektromotors verwenden. Die Accumulatoren werden jedoch wegen ihrer Kostspieligkeit nur als Hilfskraft beim Motorenbetriebe verwendet. Für Straßenbahnbetrieb ist ihre Anwendung außerdem auch wegen ihres großen Gewichtes (22—50 Kilo per Pferdekraft), Auswechslung bei Entladung u. s. w. noch nicht im größeren Maße gelungen. Dieselbe Batterie eignet sich jedoch längere Zeit zur Aufnahme neuer Ladungen.

III. Einrichtung der wichtigsten Electro-Motoren für Straßenbahnen.

Die Einführung elektrischer Motoren für Straßenbahnen hat insbesondere nur dann einen wirklich praktischen Zweck, wenn diese Bahnen durch von Häusern begrenzte Straßen des Inneren großer Städte führen

Digitized by Google

oder in Tunnellen, Bergwerksanlagen u. s. w. führen, wo die Rauchbelästigung von Dampfmotoren und Feuersgefahr derselben die Anwendung der letzteren verbieten. Außerdem dürfte sich die Verwendung von Elektromotoren bei freien Straßenbahnen nur dort pecuniär rentiren, wo billige und bedeutende Wasserkräfte zur elektrischen Stromerzeugung sich darbieten. Das Bezeichnendste der praktischen Gestaltung des elektrischen Stadt-Bahnbetriebes, wodurch sich derselbe von dem Dampfbetriebe auch in der äußeren Form unterscheidet, besteht darin, daß, nach des großen Erfinders Werner Siemens Anschauung, für den Personentransport in Großstädten nur der Omnibusbetrieb mit zulässig größter Geschwindigkeit, unter Abgang der Einzelwagen in möglichst kleinen Zeitzwischenräumen, das einzig geeignete Mittel sei. Jeder einzelne Personenwagen ist daher mit einem eigenen Elektromotor versehen, der in der Mitte der Länge des Wagens unterhalb angebracht ist und durch Zahnrad- oder Kettenradübersetzung die elektromotorische Kraft auf die Achsen der Laufräder überträgt. Uebrigens können auch mehrere solcher Motorwagen zu einem Zuge gekuppelt werden, wobei aber die Motoren sämmtlicher Einzelwagen in Thätigkeit zu erhalten sind. Jeder Wagen besitzt an der Stirnseite besonders construirte Rechen, welche mit einem aus Kautschuck gemachten Rande sich gewöhnlich über dem Pflaster befinden; im Augenblicke jedoch, wo ein Hindernis dem Wagen in den Weg tritt, senkt sich dieser Rand bis auf das Pflaster, so daß der Gegenstand von ihm weggeschoben und dann sachte beiseite gedrängt wird. — In neuester Zeit hat man auch bereits Versuche gemacht, so große Motorwaggons zu bauen, welche statt Locomotiven einem Lastzuge vorgespannt werden können, um dadurch Waarentransport im großen Maßstabe bewirken zu können. Vorderhand beschränkt sich wohl hauptsächlich der elektrische Betrieb erst auf die bloße Personenbeförderung.

Die wichtigsten Haupttheile einer elektrischen Straßenbahn sind:

1. Die durch Wasser- oder Dampfkraft betriebene Stromerregerstation (Primärstation).

2. Die längs der ganzen Bahnstrecke führende fixe Stromzuleitung, sowie die zum fortbewegten Elektromotor führende bewegliche Stromzuführung.

3. Der an jedem Einzelwagen untergebrachte eigentliche Elektromotor, der das Fortrollen des Wagens und das Mitziehen der beweglichen Stromleitung vermittelt.

Stromerregerstation. Dieselbe ist genau so eingerichtet, wie zur Stromlieferung für Elektromotoren stationärer Arbeitsmaschinen.

Digitized by Google

Stromzuleitung zum ortsverändernden Elektromotor. Dieselbe besteht derzeit aus zwei im Gebrauche stehenden Arten:

1. Oberirdische Zuleitung, wegen billiger Herstellung am meisten verbreitet.

2. Unterirdische Zuleitung, wegen kostspieliger Herstellung noch sehr vereinzelt (Budapest u. s. w.) angewendet, wegen Vermeidung jeder sichtbaren, verunstaltenden oberirdischen Drahtleitung und Vermeidung von Collisionen mit bestehenden Telegraphen, Telephondrähten von vielen Seiten als wünschenswerth hingestellt.

1. Oberirdische Stromzuleitung. Von dieser unterscheidet man derzeit drei im Gebrauche befindliche Hauptgattungen:

1. Die Zuleitung mittelst Drahtseil, geschlitztem Rohr und Contactschiffchen, 2. die Contactrolle und 3. den einfachen Gleitbügel. Die Zuleitung mit geschlitztem Rohr und Contactschiffchen und der Gleitbügel sind von Siemens und in Europa gebräuchlich, der Contactrolle bedienen sich derzeit die Amerikaner (Trolley-System).

a) Zuleitung mittelst Contactschiffchen. Diese unter Anderem auch bei der elektrischen Bahn in Mödling bei Wien seit dem Jahre 1883 in Verwendung stehende Stromzuleitung besteht im Wesentlichen aus folgender Anordnung: In jedem elektrischen Wagen ist in der Mitte zwischen den beiden Wagenachsen ein Elektromotor (secundäre Maschine) derart angebracht, daß die Pole desselben mit denen der primären Maschine durch gut leitende Drähte verbunden und ebenso von einander wieder getrennt werden können. Im ersten Falle findet die Rotation des Ankers am Wagen statt. Mit der Ankerachse ist an dem einen Ende ein Zahnrad fest verbunden, das durch Vermittlung weiterer Zahnräder (Vorgelege) die Wagenachsen und somit den ganzen Wagen in Bewegung setzt. Soll der Wagen durch den elektrischen Strom fortwährend getrieben werden, so müssen die Pole des Stromerregers mit denen des Elektromotors im Wagen auch fortwährend verbunden bleiben, d. h. der Stromkreis muß von jedem Punkte der Bahn aus durch den Wagen geschlossen bleiben. Diese Bedingung wird hier dadurch erfüllt, daß von jedem der zwei Pole der Wagenmaschine ein Kupferdraht ausgeht, welcher am Wagendache in eine starke Metallspitze endigt. Auf diese Metallspitzen sind Contact-Aufsätze aufgesteckt. Von hier laufen zwei kupferne, mit Wolle umsponnene Drahtseile, deren Enden mit 4 in einem gußeisernen Leitungsrohre *A*, in Fig. 15. (Querschnitt) dargestellt, hinter einander verbundenen Gleitknöpfen (Schiffchen) an einem verstellbaren Rahmen verbunden sind. Die Gleitschiffchen haben eine cylindrische, an den beiden Enden

Digitized by Google

halbkugelförmige Gestalt und stehen mit der Innenfläche der Leitungsrohre *A* in guter leitender Berührung. Solcher Rohre *A* sind nach der ganzen Bahnstrecke zwei angebracht, für die Zu- und Ableitung d. i. für das Schließen des elektrischen Stromes. Das Rohr *A* hat auf seiner unteren Seite nach der ganzen Bahnlänge einen offenen Schlitz *C* durch welchen die Verbindungsstücke des Schlittenrahmens mit den 4 Schiffchen passiren können. Die Contactschlitten werden durch das Fahren des Wagens und durch 2 Verbindungsdrähte mitgeschleppt. Die eigentliche fixe Stromleitung besteht aus einem $5^3/_4$ *mm* starken Kupferdrahte *L* um welchen 8 verzinkte Eisendrähte *B* von 3·1 *mm* Dicke gelagert sind. Die Ausführung der elektrischen Leitung besteht in Folgendem: Längs der ganzen Bahnstrecke, 1·6 *m* von der Bahnachse, befinden sich starke hölzerne Säulen. Am obersten Punkte jeder Holzsäule sitzt ein gußeiserner Träger mit 2 Isolatoren (Porzellan), welch' letztere in der Mitte eine Vertiefung haben, in welche die Drahtseile *B* eingelegt werden. Durch eiserne Klemmen *a*, *b* ist das Leitungsrohr *A* mit dem Drahtseil *B* in leitender Verbindung und wird dadurch auch von dem Drahtseile selbst getragen. Beide Leitungen, sowie die Rohre *A* sind natürlich auch gut von einander isolirt. Die Holzsäulen stehen bei gerader Bahnrichtung 30 *m*, in Krümmungen gegen je 10 *m* von einander entfernt.

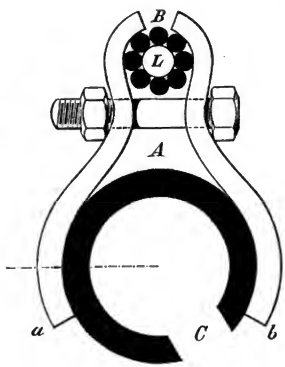


Fig. 15.

Obzwar sich diese Zuleitungsart z. B. bei der Mödlingerbahn bisher sehr gut bewährt hat, so ist man doch in neuester Zeit von derselben bei Errichtung von Stadtbahnen abgekommen, da einerseits die Anlagekosten bedeutend sind, und die Rohre, Leitungskabel und zahlreichen starken Trägersäulen, sowie auch das Geräusch des Schlittens manche Unzukömmlichkeiten verursachen.

b) Zuleitung mittelst Contactrolle. Hier befindet sich (über der Mitte der Bahnbreite) ein nach der ganzen Länge der Bahn gespannter Kupferdraht zur Zuleitung des Nutzstromes. Dieser Draht ist in gewissen Entfernungen durch auf isolirten Säulen quer über die Bahn gespannte Drähte so in seiner schwebenden Stellung gestützt, daß an den Unterstü-

Digitized by Google

tzungsstellen ein Kupferdraht eingefügt ist, der unter dem Stützdrahte liegt und als eine Art Weiche (Ausweiche) die stete Berührung des Contacttheiles der beweglichen Leitung mit dem stromführenden Drahte ermöglicht. Die bewegliche Leitung besteht zunächst aus einer mit Schnurlauf am Umfange eingeschnittenen Kupferrolle, welche mit einem federnden Arm aus Kupfer versehen ist, der um einen Stützpunkt am Dache des Motorwagens drehbar ist. Dieser Arm, der oben die drehbare Rolle trägt, ist unterhalb des Stützpunktes (Charniere) verlängert und wird sein unterstes Ende durch schraubenförmig gewundene starke Spiralfedern, die sich durch Kurbeldrehung beliebig anspannen lassen, so zurückgezogen, daß die Rolle dadurch federnd an den Leitungsdraht angedrückt wird. Von diesem Arm führt dann eine Drahtleitung den Nutzstrom dem am untersten Theile des Wagens (unter dem Passagierraum) befindlichen Elektromotor zu. Das Ableiten des Stromes (Schließen desselben) geschieht hier nicht durch eine zweite Drahtleitung, sondern wird eine der Fahrschienen hiezu benützt. An den Weichen und Kreuzungen der Bahnstrecke erfordert aber der Betrieb mit Contactrollen die Einschaltung von verhältnismäßig umfangreichen und massigen, jedenfalls unschönen und etwas gefährlichen Führungsstücken in die Arbeitsleitung, damit die Rolle in die richtigen Wege geleitet, beziehungsweise ihr Uebergang über zu kreuzende Drähte ermöglicht werde. Durch das Entgleisen der Rolle, zumeist in Bögen und Weichen, entsteht eine Betriebsstörung deren Behebung, besonders zur Nachtzeit oder auf geneigter Bahnstrecke zu den größten Unzukömmlichkeiten Anlaß gibt. Es dürfte daher eine umfangreichere Anwendung dieser Art der Stromzuleitung (in Amerika derzeit allgemein angewendet) nicht zu empfehlen sein.

c) Zuleitung durch den Gleitbügel. Diese von der Weltfirma Siemens & Halske eingeführte bewegliche Zuleitung (Stromabnehmer) ist ähnlich eingerichtet wie die oberklärte Contactrolle in Bezug auf den federnden Andrückungsapparat und die einfache Leitung des Nutzstromes. Fig. 18 (Seite 37) zeigt in $A\,B$ die Richtung der Drahtleitung für den Arbeitsstrom, über der Mitte der Bahnbreite nach deren ganzer Länge laufend; $t\ T$ einen der querlaufenden stählernen und isolirten Stützdrähte, W die Drahtweiche. Auf dem hier dargestellten Dache des Motorwagens erhebt sich in schiefer Stellung der federnde Gleitbügel $g\ G\ G'\ g'$ der aus starkem Kupferdrahte besteht, oben eine Breite von mindestens 1·5 m hat und selbst in den Bögen der Bahngeleise sich stets an den Leitungsdraht $A\ B$ anlegt und im Contact bleibt. Der Gleitbügel berührt natürlich den Leitungsdraht $A\ B$ an seiner unteren Seite und an der Weiche W den hier eingeschalteten kurzen Weichungsdraht.

Digitized by Google

Das federnde Andrücken des Bügels geschieht wie bei der oberwähnten Gleitrolle durch an den um ein Charnier drehbaren Armen *g g'* angebrachte Schraubenfedern, die in dem am Dache des Wagens befestigten Gestelle untergebracht sind. Der federnde Gleitbügel ist durch eine Zugleine *Z z* dem Wagenführer zugänglich gemacht und kann durch Anziehen derselben außer Berührung mit der Stromleitung *A B* gebracht und dadurch (sowie durch Reibungsbremsen) der Motorwagen zum Stillstande gebracht werden. Um die durch das Gleiten des Bügels am Arbeitsdrahte *A B* entstehende Abnützung des letzteren zu verhüten, ist der gleitende Theil des Bügels aus weicherem Metalle hergestellt oder mit solchem überzogen, oder wird derselbe mit fortwährender Fettschmierung versehen.

Die Anlage der ganzen Nutzleitung ist höchst einfach und verunstaltet den Straßenanblick nicht mehr als eine gewöhnliche Telegraphenleitung; auch sind die Anlage und Unterhaltungskosten hiebei auf ein Minimum zurückgeführt.

Bei neueren Bahnanlagen bedient man sich daher bei „oberirdischen Leitungen" derzeit fast ausschließlich dieses „Gleitbügels."

Rückleitung durch die Schienen. Um dem Strome in den Schienen eine geeignete Rückleitung zum Stromerreger der Centralstation zu bieten, sind die Schienen bei den Stößen mit 8 *mm* starkem Kupferdrahte verbunden und außerdem sind alle 35—100 *m* die Schienen mit einem durchlaufenden, zwischen beiden Schienen gelagerten nicht isolirten Kupferdrahte von demselben Durchmesser verbunden. Die einzige Ausnahme hievon bildet die Linie in Marsailles, wo der Rückleitungsdraht aus einem mit Blei überzogenen galvanisirten Eisendrahte besteht. Die Isolirungsmittel des oberirdischen Contactdrahtes sind fast stets dieselben, nämlich: Da, wo Spanndrähte verwendet werden, die an eisernen Säulen befestigt sind, wird dreifache Isolirung vorgesehen: *a*) zwischen dem Contactdrahte und dem Spanndrahte (quer über die Bahn) beim Aufhängepunkt, *b*) zwischen dem Spanndrahte und dem Halse des Isolirhutes auf der Säule und *c*) zwischen diesem Hute und der Säule selbst.

2. Unterirdische Stromzuleitung.

Es solle hier nur das von Siemens & Halske in Budapest ausgeführte System, welches sich auch praktisch bewährt hat und sich in großen Städten mit sehr regem Personenverkehr auch finanziell rentirt besprochen werden.

Die Zuführung des Stromes erfolgt in einem unterirdischen Canale *K*, Fig. 16 im Durchschnitte dargestellt, welcher sich unter der einen Fahrschiene des Geleises befindet; diese Schiene ist eine Doppel-

Digitized by Google

schiene, mit einem Zwischenraum von 33 *mm* und wird durch eiserne Rahmen *r* von 180 *mm* Breite unterstützt. Die in Abständen von 1·2 *m* angeordneten Rahmen bilden das Gerippe für den unter der Fahrschiene befindlichen 0·7 *m* unter der Pflastersohle tiefen Kanal *K*, welcher in Beton hergestellt wurde und in entsprechenden Entfernungen Sammel-

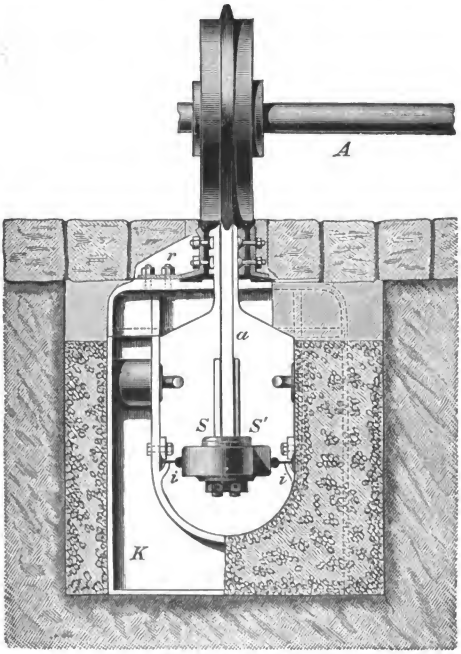


Fig. 16.

schächte besitzt, von welchen das Regenwasser in die Straßencanäle abgeführt wird. Außerdem sind diese Rahmen auch zur Befestigung der Isolatoren *i i* des Zu- und Ableitungsdrahtes bestimmt, welche die beiden Leitungen zu tragen haben. Die Form der zweiten Fahrschiene ist beliebig. Der Wagen unterscheidet sich äußerlich nicht von einem gewöhnlichen Tramwaywagen; unter dem Wagenkasten und zwar

Digitized by Google

zwischen den Laufachsen liegt der Elektromotor, welcher die Umdrehungen seines Ankers mittelst endloser Kette (besser als mit Zahnrädern) auf eine der Wagenachsen überträgt. Unter dem Wagenkasten sind noch vier Gruppen Stromwiderstände (Rheostate) vertheilt, welche zur Regulirung der Fahrgeschwindigkeit des Wagens erforderlich sind. Das Ein- und Ausschalten der Widerstände erfolgt durch

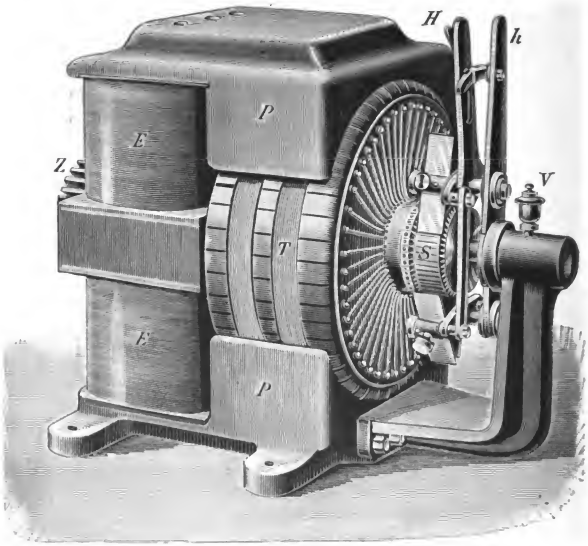


Fig. 17.

den unter dem Sitze eines Perrons angebrachten Einschaltcylinder, welcher von jedem Perron aus durch eine Schaltkurbel in Thätigkeit gesetzt werden kann, durch deren Vor- und Rückwärtsdrehen die Umdrehung des Ankers der Maschine, somit die Bewegung des Wagens in jeder Fahrrichtung bewirkt wird. Jeder Wagen hat 18 Sitzplätze und 20 Stehplätze. Unter jedem Wagen befindet sich (siehe Fig. 16) ein Contactschiffchen *S*, welches zwischen den beiden Drahtleitungen, durch die der Nutzstrom circulirt, läuft und vom Wagen mitgezogen wird; dieses Contactschiffchen *S* bewirkt in sicherer Weise die Zuführung und ein zweites Schiffchen *S'* die Ableitung des Nutzstromes von und zu dem am Wagen

Digitized by Google

angebrachten Elektromotor, welcher die Kraftübertragung auf die Wagenachse *A* besorgt. Das Schiffchen ist durch einen eisernen Arm *a* mit dem Wagen und dem Elektromotor verbunden.*

Elektrischer Motor für Straßenbahnbetrieb. Fig. 17 zeigt einen sehr verbreiteten elektrischen Motor von van Depoele für Straßenbahnbetrieb in der äußeren Ansicht. Die Maschine ist äußerst kräftig und einfach gebaut. Bei *EE'* befindet sich der fest stehende Elektromagnet, der mit den gußeisernen Polschuhen *P p* den cylindrischen Flachring (Inductor) *T* theilweise umgibt. Die Enden der um diesen Flachring gewickelten Drähte sind an die Lamellen des Stromsammlers *S* verschraubt. Wichtig sind hier die beiden Paare der Stromzuführer (Bürsten). Der wichtige Zweck derselben ist, die Maschine mit ihrer Hilfe, durch Verstellen derselben mit den Umsteuerungshebeln *H* und *h*,

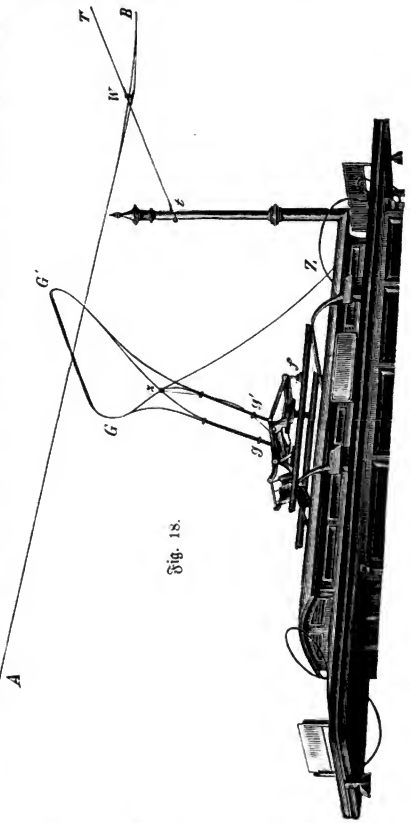


Fig. 18.

*) Der Fahrpark der Budapester elektr. Stadtbahn bestand 1890 bereits aus 53 Motorwagen und Beiwagen und wurden 1891 gegen 9 Millionen Personen befördert. Die Einnahmen betrugen 541000 fl.; der Fahrpreis betrug 6·28 Kreuzer; Länge der Bahn 15·9 Kilometer; bei der dort befindlichen Pferdebahn betrug der Fahrpreis 8·5 Kreuzer. Die Erhaltung der elektrischen Anlage kostet jedenfalls bedeutend weniger als bei Pferdebetrieb.

Digitized by Google

nach vor- oder rückwärts in Bewegung zu setzen d. h. das Vor- und Rückwärtsfahren des damit betriebenen Tramwaywagens zu bewirken. Aehnliche Umsteuerungshebel befinden sich bei der wirklichen Anwendung natürlich auf beiden Perrons des Wagens, dem Wagenführer zugänglich und wirken durch ein Gestänge auf die Umschaltungshebel *H* und *h* des Motors mittelbar ein. Links sieht man einen kleinen Theil des Zahnrades *Z*, durch welches die zu rasche Geschwindigkeit der Achse des Motors auf ein Zwischengelege der eigentlichen Wagenachse entsprechend übertragen wird. Statt dieses Zahnrades kann man sich aber hier auch ein Kettenrad angebracht denken, welches mit endloser Gliederkette die Drehung auf ein Kettenrad der Wagenachse überträgt. Das Lager *L* der Arbeitswelle des Motors ist durch einen winkelförmigen Arm gestützt und trägt bei *V* die Schmiervase.

IV. Regulirung der Geschwindigkeit, Stromumwandlung, Meß- und Sicherheitsapparate.

Die Regulirung der Geschwindigkeit bei wechselnder Krafterfordernis der Elektromotoren geschieht durch nachstehend erklärte Apparate:

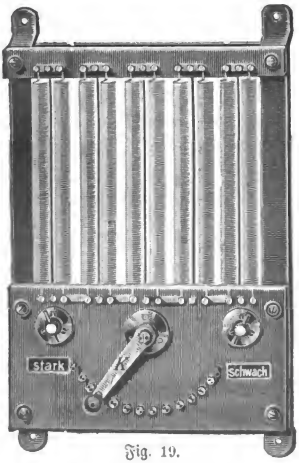


Fig. 19.

1. Für stationäre (feststehende) Elektromotore, durch den lothrecht aufgestellten Rheostat (Widerstandsapparat) Fig. 19 in Ansicht dargestellt. Derselbe besteht zunächst aus einem Rahmen, an dessen durchbrochener Seite schraubenförmig gewundene Drähte von verschiedener Leitungsfähigkeit eingeschaltet sind, die von einander durch lothrechte Isolationswände getrennt sind, an ihren untersten Enden aber mit den kreisbogenförmig angeordneten Contactknöpfen in leitender Verbindung stehen. Der Apparat ist in die Stromleitung eingeschaltet und durch Drehen der Kurbel *K*, welche nahe dem Handgriff ebenfalls einen Contactknopf besitzt, läßt

Digitized by Google

sich der Nutzstrom den einzelnen Contactknöpfen der Widerstandsdrähte zuführen und das Passiren der verschieden starken Widerstände erzielen. Der Apparat ist an seinen 4 Ecken des Rahmens an das mit sämmtlichen Meß- und Schaltapparaten übersichtlich aufgestellte Schaltbrett angeschraubt.

2. Für Wagenmotore hingegen verwendet man zumeist als Widerstandseinschalter den Cylinderapparat (walzenförmig) von Siemens. Die Einrichtung desselben, sowie seine Einschaltung in die Nutzstrom- und Motorleitung ist aus Fig. 20 in der Daraufsicht zu ersehen. Der Widerstandseinschalter (Umschalter) *u* besteht aus einem wagrechten Metallcylinder, der um die Achse X drehbar und mit 8 treppenförmigen Absätzen versehen ist. An diesen Absätzen sind 8 kupferne Federn liegend angebracht, die der Reihe nach in den Punkten 1, 2, 3 . . . . . 8 angeschraubt und in ihrer Verlängerung nach rückwärts durch starke Kupferdrähte mit den Metallklemmen 1^1, 2^1, 3^1 . . . . . 8^1 verbunden sind. Zwischen den Metallklemmen 1^I und 1^{II} befinden sich Bänder aus feinem Messingnetz die einen elektrischen Widerstand von 32 Ohm, 4^I und 4^{II} nur 16 Ohm, 5^I und 5^{II} 8 Ohm, 6^I und 6^{II} 4 Ohm besitzen, während die Klemmen 7^I und 7^{II} mit einem kurzen, dicken Kupferdrahte verbunden sind, der im Verhältnisse zu den übrigen Bändern nahezu keinen Widerstand besitzt. Ebenso sind die Klemmen 1^{II}, 2^{II} . . . . 8^{II} unter einander mit einem dicken Drahte verbunden. Mit der Achse X des Umschalters ist ein Zahnrad *z* fest verbunden, welche mittelst einer Kette durch die Kurbel vom Wagenführer in jeder Richtung gedreht werden kann. Die in Fig. 20 angedeutete Stellung des Umschalters findet dann statt, wenn der Wagen mit vollem Strom fährt; denn in diesem Falle tritt der positive Strom bei P_1 aus der Wagenmaschine (Motor) und kommt nach 8^I, 8^1 und sodann durch den Umschalter *U* zur Kupferfeder 7 und hierauf unmittelbar durch starke Drähte in die Rückleitung II und zur Stromerregermaschine zurück. Es befindet sich hier mithin im Stromkreise kein absichtlich eingeschalteter Widerstand, d. h. die Stromentwicklung erreicht ihren höchsten Punkt.

Soll der Wagen angehalten d. h. der Strom unterbrochen werden, so wird die Kurbel so gedreht, daß vom Umschalter zuerst die Feder 7 herabgleitet; dann aber kann der Strom nicht mehr den directen Weg über 7^I, 7^{II} einschlagen, sondern muß die 6 Widerstände passiren, die zusammen 2 Ohm betragen. Der Widerstand des gesammten Stromkreises ist dadurch größer, mithin der Strom schwächer geworden. Durch eine weitere Drehung der Kurbel gleiten nach und nach die Federn 6, 5, 4 . . . . vom Umschalter herab; dadurch wird immer mehr und

Digitized by Google

mehr Widerstand in den Stromkreis geschaltet, der Strom fortwährend geschwächt und bei jeder Schwächung entsteht ein kleiner Funke. Nach der Feder 1 kommt schließlich die Feder 8 aus der Berührung mit dem

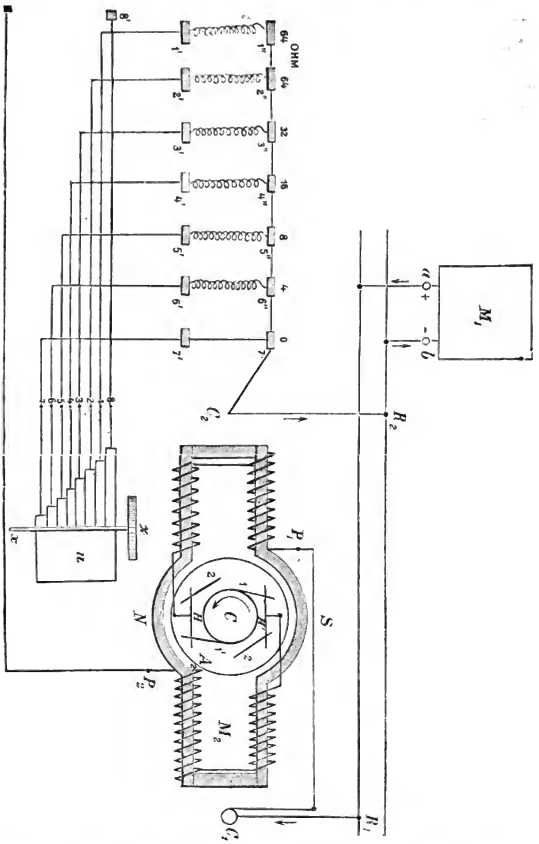


Fig. 20.

Umschalter; der Strom ist vollständig unterbrochen und erst dann werden durch eine weitere Kurbeldrehung die Bürsten 1 und 1^1 (siehe die

THE JOHN CRERAR LIBRARY

Fig.) vom Stromsammler *C* abgehoben. Der für die praktische Anwendung schädliche Funke ist auf die erwähnte Weise in mehrere schwache, unschädliche Funken zertheilt worden. Ueberdies kann man durch das Schwächen und Verstärken des Stromes auch natürlich die Geschwindigkeit des Wagens beliebig reguliren.

Beim Einschalten der Wagenmaschine (Anfahren) in den Stromkreis kommen die Kupferfedern in der Reihenfolge von oben nach unten mit dem Umschalter in Berührung, so daß der Strom allmälig verstärkt wird und schließlich bis zu einer Größe anwächst, durch welche der Wagen in Bewegung gesetzt wird.

Die Stromabnehmer sind mit dem Umschalter derart verbunden, daß beim Unterbrechen des Stromes zuerst alle Federn von den stufenförmigen Absätzen abgleiten und dann erst die Bürsten vom Stromsammler *C* abgehoben werden, während beim Einschalten vorerst die Bürsten angedrückt und dann die Federn nach und nach auf den Umschalter gebracht werden; es erhalten mithin durch das Ein- und Ausschalten des Stromes die Bürsten und der Stromsammler keine Funken sondern stets nur der Umschalter und die Kupferfedern, welche im Falle einer Beschädigung leicht durch neue zu ersetzen sind.

In Fig. 20 bedeuten außerdem M_1 die stationäre Stromerregermaschine der Hauptstation, R_1 und R_2 die Hauptleitungsdrähte des Nutzstromes, M_2 den Elektromotor am laufenden Wagen, *C* den Stromsammler, $1\,1^1\,2\,2^1$ die Stromabnehmer (Bürsten) A_2 den Trommel- oder Ringinductor innerhalb der fixen Elektromagnete *N* drehbar; durch die Pfeile ist ferner die Richtung des in den Leitungen kreisenden Arbeitsstromes ersichtlich gemacht.

Transmutatoren. Diese Apparate dienen zur Umwandlung von hoch gespannten Wechselströmen in niedrig gespannte und umgekehrt. Bevor man solche hochgespannte Ströme in Arbeitslocale einleitet, müssen dieselben dahin abgeändert werden (wegen Sicherheit der Bedienung), daß ihre Spannung (Volt) verringert und ihre Strommenge (Ampères) dafür vergrößert wird. Sie sind selbst eine Art kleiner Wechselstrommaschinen, bei welchen aber sowohl Anker als auch die Pole (Elektromagnete) fest d. i. unbeweglich sind; die wechselnde Polarität wird hervorgerufen durch abwechselnd erregte positive und negative Ströme. Man unterscheidet: 1. Kerntransformatoren, die zwei um einen ringförmigen Eisenkern symmetrisch angeordnete Kupferwicklungen erhalten, und 2. Manteltransformatoren, bei denen die beiden Kupferwicklungen selbst von Eisen umgeben sind. Die Einrichtung ist, wie bemerkt, dieselbe wie bei den Wechselstromerregern oder Motoren. Hieher gehören auch

Digitized by Google

die Gleichstrom-Transformatoren, die aus zwei aneinander gekuppelten Gleichstrommaschinen bestehen, von denen die eine als Motor, die andere als Stromerzeuger arbeitet. Das Umsetzungsverhältnis der Spannung richtet sich nach den Wicklungsverhältnissen der Maschinen. Man bringt auch wohl die Stark- und Schwachstrom-Wicklung gemeinsam auf einen drehbaren Anker und so in ein gemeinsames magnetisches Feld.

Uebertragungsarten der Motorbewegung auf die Arbeitsachsen. Bei sehr schnell laufenden Arbeitsmaschinen z. B. Centrifugen, Spinnereimaschinen u. s. w. kann die Motorachse in ihrer Verlängerung unmittelbar als Arbeitsachse benützt werden. In den meisten Fällen muß aber die rasche Bewegung durch Zwischengelege verringert werden.

Bei den Motorwagen wird als Zwischengelege entweder Zahnrad- oder Kettenradübertragung angewendet. Erstere soll sich jedoch nach bisherigen Erfahrungen rasch abnützen und dann ein unangenehmes klapperndes Geräusch hervorrufen, während die Uebertragung mit endloser Kette diesen Uebelständen nicht unterliegen soll.

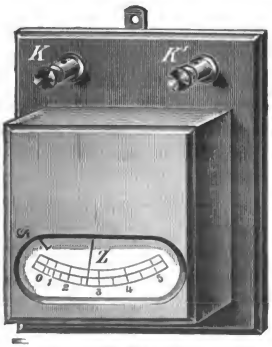


Fig. 21.

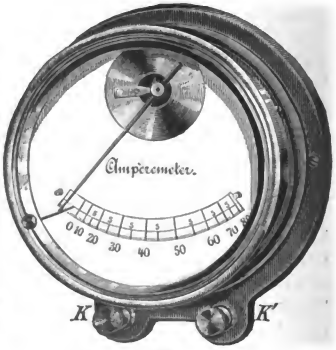


Fig. 22.

Elektrische Meßinstrumente. Die wichtigsten Meßinstrumente deren Anzeigen der Wärter und Beaufsichtiger stets zu Rathe zu ziehen hat, sind: 1. Das Voltameter, 2. das Amperemeter und 3. der Elektricitätszähler.

1. Voltameter. Dasselbe, in Fig. 21 in äußerer Ansicht dargestellt, dient zum Messen der jeweiligen Stromspannung. Im Inneren des Metallgehäuses befindet sich an der Achse des Zeigers ein

Digitized by Google

gebogenes ausbalancirtes Stück weichen Eisens, dessen anderes Ende in eine Kupferdrahtspirale taucht. Der, beiden Klemmschrauben $K\,K'$ zugeführte Strom wird der Drahtspirale zugeleitet und zieht die letztere das Eisenstück an der Zeigerachse je nach der Höhe des durchgeleiteten Stromes mehr oder weniger tief in den hohlen Theil der Spirale. Dadurch wird der Zeiger z auf der unter ihm befindlichen Bogenscala verschoben und zeigt daselbst die Anzahl Volt an, die der Strom in jedem Augenblicke als Spannung hat.

2. Ampèremeter. Dasselbe in Fig. 22 ebenfalls in äußerer Ansicht dargestellt, dient zum Messen der jeweiligen Strommenge in Ampéres-Graden. Im Inneren des cylindrischen Gehäuses ist an der Zeigerachse ein weicher Eisenstab befestigt, der durch in der Nähe befindliche Elektromagnete beim Durchleiten des Stromes mehr oder weniger angezogen wird und durch seinen Ausschlagwinkel die Strommenge ersichtlich macht und den Zeiger entsprechend mitbewegt. Bei $K\,K'$ befinden sich die Klemmschrauben, an welchen die Leitungsdrähte beim Einschalten des Apparates in die Leitung des zu beobachtenden Stromes geklemmt werden.

3. Der Elektricitätszähler. Die verbrauchte Elektricitätsmenge wird entweder in Ampérestunden oder in Wattstunden mittels Elektricitätszähler gemessen. Der gebräuchlichste ist der von Aron. Er besteht im Wesentlichen aus zwei sonst ganz gleich gehenden Uhrwerken mit Pendel. Das Pendel des einen Uhrwerkes ist aber durch den elektrischen Strom d. h. durch einen oder zwei rechts und links befindliche Elektromagnete, durch dessen oder deren Drähte der zu beurtheilende Strom geleitet wird, beeinflußt und eilt vor. Aus dem Grad der Voreilung im Vergleiche zum Gange der anderen unbeeinflußten Uhr wird die Elektricitätsmenge berechnet.

Sämmtliche 3 genannte Instrumente sind auf empirischem Wege d. h. durch Versuche in ihren Angaben construirt.

Aus- und Einschalterapparate. Motoren bis zu einer Pferdestärke werden durch einen gewöhnlichen Aus- und Einschalter (Bürsten-Abheber) ein- und ausgerückt; bei größeren Motoren kann zum Aus- und Einschalten in den meisten Fällen der Anlaßwiderstand oder die Umsteuerungsvorrichtung benutzt werden. Fehlt ein solcher Apparat, so empfiehlt es sich, in den Stromkreis einen Kohlenausschalter einzufügen, damit die Anlage schnell stromlos gemacht werden kann. Die Kohlenausschalter sind eine Verbindung von einem metallischen Ausschalter und einem parallel zu ihm angeordneten Stromschluß, der durch zwei sich berührende Kohlenstücke gebildet wird. Beim Oeffnen des Ausschalters wird zunächst nur die metallische Berührung unterbrochen, während die Kohlen noch mit einander in Be-

Digitized by Google

rührung bleiben und dem Strom einen Durchgang gestatten. Sodann werden auch die Kohlen von einander getrennt und soweit von einander entfernt, bis der zwischen ihnen entstehende Lichtbogen erlischt. Handelt es sich aber nicht um eine Unterbrechung, sondern nur um eine Vorrichtung, den Stromkreis offen oder geschlossen zu halten, so können die gewöhnlichen Ausschalter verwendet werden.

Sicherungen gegen Gefahr. Um ein allzu starkes Anwachsen der Stromstärke zu verhindern, wie es z. B. bei zu starker Belastung der Motoren auftreten kann, sind in den Stromkreis Sicherungen einzuschalten. In Fällen, wo der Motor nicht stromlos werden darf, sondern seine Zugkraft bewahren muß, kann man parallel zur Sicherung einen Widerstand legen. Die Bleisicherungen können in vielen Fällen mit besserem Erfolge durch selbstthätige Ausschalter ersetzt werden, die eine schnellere Unterbrechung des Stromkreises gestatten. Diese Ausschalter besitzen eine Vorrichtung (Relais), die beim Anwachsen der Stromstärke über einen höchsten Werth einen Anker anzieht und dadurch einer gespannten Feder gestattet, den Schalthebel umzulegen. Bei Nebenschlußmotoren öffnet der Schalthebel den Stromkreis. Auch hier kann man wieder, um die Zugkraft des Motors zu bewahren, parallel zum Ausschalter einen Widerstand anordnen und beide in den Ankerkreis einschalten (d. h. durch Drahtleitung verbinden). Das Verbrennen der Berührungsstellen (Contacte) im Ausschalter läßt sich dadurch vermeiden, daß man parallel zu ihm eine Bleisicherung für eine sehr schwache Stromstärke einschaltet. Diese wird fast in demselben Augenblicke schmelzen, wo der Ausschalter in Wirksamkeit tritt, aber doch so viel später, daß der Ausschalter bei der Unterbrechung des Stromkreises weit genug geöffnet ist und dem Strom keinen Durchgang mehr gestattet.

Blitzableiter. Bei Kraftübertragungen werden außerhalb bewohnter Orte in der Regel Luftleitungen zur Verwendung kommen. Diese sind an den Stellen, wo sie in Gebäude eintreten, und da, wo sie sich an Kabel anschließen, mit Blitzableitern zu versehen. Bei niedrigen Spannungen und schwachen Strömen kann hiezu der in der Telegraphie viel verwendete Stangenblitzleiter benutzt werden. Bei höheren Spannungen empfiehlt sich aber zur Vermeidung von Kurzschlüssen der Blitzableiter mit selbstthätiger Funkenablöschung. — Die Luftelektricität wird um so sicherer durch den Blitzableiter und nicht durch die Maschinen zur Erde geleitet werden, je besser die Maschinen von der Erde isolirt sind. Aus diesem Grunde wird bei Luftleitungen eine besondere Holzunterlage für das Fundament zu empfehlen sein.

Digitized by Google

Die Blitzplatten müssen ferner so weit von einander entfernt sein, daß die Spannung der Maschinen nicht hinreicht, den Zwischenraum zu durchschlagen. Ein anderer Schutz der Leitungen gegen Luftelektricität besteht darin, längs der Leitungen über den Kupferdrähten einen Stachel-draht zu ziehen, der in bestimmten Abständen in gut leitende Verbindung mit dem feuchten Erdreich, am besten auch durch Erdplatten, zu bringen ist. Man kann diesen Schutz natürlich auch gleichzeitig mit den vorher erwähnten Blitzableitern zur Anwendung bringen. Bei Luftleitungen sind zur Vorsicht für höhere Spannungen neuestens sogenannte Oelisolatoren angewendet. Sie enthalten an ihrem unteren nach einwärts gebogenen Theile des Porzellankopfes eine vor Regen u. s. w. geschützte Oelrinne die vom Strom passirt werden muß, wenn er von dem Leitungsdrahte über die Oberfläche des Isolators zur eisernen Stütze gelangen will. Das Oel wird mit einer zu diesem Zwecke besonders geformten Spritze in diese Rinne gefüllt. Sämmtliche obgenannte Apparate sind bei Siemens & Halske in Berlin vorräthig.

Vorsichtsmaßregeln und erste Hilfeleistung bei Unfällen. Sobald ein Arbeiter mit einem blanken (nicht isolirten) Theile des Leitungsdrahtes zu thun hat, ist es jederzeit zu empfehlen, die Hände mit Kautschukhandschuhen zu versehen und darauf zu achten, daß man bei der Arbeit auf einer gut isolirenden Holzunterlage, ja nicht auf einem Steinboden oder der bloßen Erde mit den Füßen aufstehe. Ebenso ist strenge zu vermeiden, mit beiden Händen die Stromleitung an blanken Stellen gleichzeitig zu berühren. Tritt ein solcher Unfall ein, daß durch Unvorsichtigkeit Erdschluß oder kurzer Schluß durch den Körper eines Beschäftigten geht und denselben verhindert, die Drahtleitung loszulassen, so besteht die erste Hilfe seiner Umgebung darin, daß man ihn an den dicksten Theilen seiner Kleidung emporhebt und unter seinen Körper ein hölzernes Brett unterlegt. Dadurch wird zwischen der Person und der Erde eine Isolation entstehen und die Hände derselben werden sich alsbald von der krampfhaften Umschließung des Leitungsdrahtes lösen. Streng zu vermeiden ist hiebei das Anfaßen des Beschädigten an unbedeckten Theilen seines Körpers (außer mit Kautschukhandschuhen versehen).

Digitized by Google

V. Betrieb und Instandhaltung der Elektromotoren.

a) Stationäre Maschinen.

Im Nachstehenden sind (nach den von Professor J. F. Weyde in Kaschau zusammengestellten Vorschriften) die für den Betrieb und die Instandhaltung von Stromerreger- und Elektromotormaschine wichtigsten Regeln angeführt, nach denen sich der Wärter und Beaufsichtiger solcher Maschinen zu richten hat:

A. Arbeiten vor der Betriebssetzung.

§ 1. Reinigen der Dynamo.

Wenn der Wärter die Dynamomaschine in Betrieb setzen will, so muß er vor dem Anlassen den Staub von allen Theilen derselben abputzen. Die Dynamo ist mit Leinwandlappen zu putzen und nicht mit Werg oder Baumwolle, weil die Fasern der letzteren zwischen den Drähten hängen bleiben. Der Kupferstaub, welcher vom Commutator und von den Bürsten abfällt und durch die gegenseitige Reibung dieser Theile entsteht, wird mit einem Borstenpinsel abgekehrt; der hiernach in den Vertiefungen des Stromsammlers und der Trommel oder dem Gramme'schen Ring zurückgebliebene Kupferstaub muß mit einem Handblasbalg herausgeblasen werden, weil er sonst zwischen den Lamellen des Stromsammlers „Kurzschluß" verursachen könnte.

§ 2. Behandlung der Bürsten.

Die Bürsten müssen bei zweipoligen Dynamomaschinen derart in den Bürstenhalter eingespannt werden, daß die Enden der oberen und der unteren Bürsten auf dem Stromsammler zwei genau gegenüberliegende Lamellen berühren. Um dies zu erreichen, zählt man die Lamellen des Stromsammlers ab, oder man bestimmt die Entfernung der Bürstenenden durch eine eigene halbkreisförmige Schablone. Wenn die Bürsten abgenützt sind, müssen ihre Enden mittelst eines scharfen Meißels gleichförmig und gerade (senkrecht auf ihre Längenrichtung) abgeschnitten werden, damit ein Draht nicht länger als der andere hervorstehe, hiezu werden eigene Einspannbacken benützt. Die Enden flach (berührend) aufliegender Stromabnehmer dürfen die Berührungslinie beiderseits um 2—3 *mm* überragen; ihre Endkanten müssen jedoch genau gleichlaufend zu den Kanten der Lamellen des Stromsammlers sein. Wenn die Bürsten am Stromsammler aufliegen, darf dieser nicht den Bürstenenden entgegenlaufend gedreht werden, weil sich sonst die Drähte derselben aufbiegen könnten. Um dies zu vermeiden, dürfen die Bürsten (bei der

Digitized by Google

Erregermaschine) erst dann an den Stromsammler angedrückt werden, nachdem die Maschine schon einige Zeit leer d. i. ohne elektrischen Strom läuft und gleichmäßige Umdrehungsgeschwindigkeit erreicht hat.

Vorkehrungen gegen Reibungshindernisse.

Bevor der Maschinenwärter den Treibriemen auflegt oder den Treibriemen von der Leerscheibe auf die Arbeitsscheibe schiebt, muß er die Trommel oder den Spulenring der Dynamo einige Male mit freier Hand herumdrehen, um sich von deren leichter und unbehinderter Drehbarkeit zu überzeugen. Gleichzeitig hat er die Schmiervorrichtungen in guten Stand zu setzen und jene Achtsamkeit auf dieselben zu verwenden, welche sie wegen der hohen Umdrehungszahlen der Achse dringend erfordern. Die Lager der Maschine müssen mit dem besten und reinsten Oele geschmiert werden und die Schmierdochte und Schmiervasen in sehr gutem Zustande erhalten werden. Von der richtigen Wirkung derselben überzeugt sich der Wärter, wenn er nachsieht, ob Öl in die Tropfschalen unter den Lagern tropft. Das von den Tropfschalen aufgefangene Öl darf nur nach vorheriger vollkommener Reinigung durch Filtriren nochmals zum Schmieren der Maschine verwendet werden. Die Oelgefäße sind bei besseren Maschinen (Siemens & Halske) so eingerichtet, daß sie auch als Oelfilter (Reiniger) dienen; es kann dann das Oel, welches reichlich und schnell (je nach der Größe des Schmierfilters 10—50 Tropfen in der Minute) durch das Lager hindurchgeführt und in einem darunter angebrachten Oelkasten wieder aufgefangen wird, sehr oft benutzt werden. Das aufgefangene Oel kann man deshalb wieder in das Schmiergefäß gießen; dabei darf jedoch der innere Deckel desselben nicht abgenommen. werden, damit das unreine Oel nicht unmittelbar in das Lager gelangt. — Verringert sich nach längerem Gebrauche die anfängliche Tropfenzahl bis etwa auf die Hälfte, so ist der Docht unrein geworden und muß durch einen neuen ersetzt werden. Man suche mit jedem Schmierfilter die größt mögliche Tropfenzahl zu erreichen. Es ist zu dem Zwecke die Anzahl der Dochtfäden so lange zu vermehren, bis das Rohr von denselben völlig ausgefüllt ist, ohne daß sich jedoch die einzelnen Fäden pressen, weil sonst die Tropfenzahl wieder verringert werden würde.

Erweist sich zur Verhütung des Warmlaufens des Lagers ausnahmsweise eine stärkere Schmierung als nothwendig, so sind beide Deckel des Schmierfilters abzunehmen und hierauf ist durch das Mittelrohr reines, noch nicht gebrauchtes Oel nachzugießen. Die Oelkanne soll ein geschlossenes (gegen Verstaubung) Gefäß sein, welches aus Messingblech gemacht wird, weil dieses von den Magneten nicht ange-

Digitized by Google

zogen wird. — Der Wärter hat auch darauf zu achten, daß er kein Oel auf die Bürsten oder auf den Stromsammler vertropfe.

B. Anlassen der elektrischen Maschine.

1. Der Wärter hat die Stromerreger-Maschine sehr langsam anzulassen, um das Gleiten der Riemen und um Erschütterungen zu vermeiden. Er steigert hierauf die Umdrehungsgeschwindigkeit (durch Verstellen des Widerstandshebels) nach und nach, bis die vorgeschriebene, normale Geschwindigkeit erreicht ist; sodann muß er die Stromerreger-Dynamo noch einige Zeit „leer" d. h. stromlos laufen lassen, um sich zu überzeugen, daß die Transmission, die Riemen und Lager in Ordnung sind. Wenn die Maschine eine Riemenspannvorrichtung besitzt, so spannt er nun mit Hilfe derselben den Riemen, falls dieser locker geworden ist. 2. Wenn die Trommel (Ring) mit der normalen Tourenzahl sich dreht, werden die Bürsten (Stromabnehmer) angepreßt. Es ist wichtig, daß die Bürsten weder zu wenig, noch zu stark angepreßt werden, weil zu stark angepreßte Bürsten sich selbst und auch den Stromsammler zu schnell abnützen; zu schwach angepreßte Bürsten hingegen bewirken Funkenbildung, welche den Stromsammler und die Bürsten rasch zerstören.

3. Behandlung des Stromsammlers. Derselbe muß immer blank und glatt sein; wenn die Bürsten in denselben Furchen eingeschliffen haben, so sind diese Furchen während des Leerlaufens der Maschine mit feinkörniger Schmiergelleinwand wegzuschleifen, wobei aber die Bürsten von der stromlos laufenden Maschine abzunehmen sind. Die Schmiergelleinwand wird dabei auf ein dünnes, eben gehobeltes Brettchen geleimt, welches die Breite des Stromsammlers besitzt; diese Vorrichtung wird dann auf dem rotirenden Stromsammler ebenso gebraucht, wie die Feile auf einer Drehbank. Wenn die Furchen jedoch schon sehr tief eingeschliffen sind, so ist es zweckmäßig, den Stromsammler bei langsamer Umdrehung mit einer Vorfeile (niemals mit einer Schlichtfeile) gleichmäßig zu feilen (egalisiren). Nach jedem Abfeilen ist der Stromsammler zu untersuchen, ob nicht zwischen benachbarten Lamellen Feilspäne eingedrungen sind, welche „kurzen Schluß" und dadurch ein Verbrennen der Trommel verursachen könnten. Derartige kleine Feilspäne sind mit einem spitzen Werkzeuge sorgfältig herauszukratzen; die losen Feilspähne sind mit Blasbalg zu entfernen. Der Stromsammler darf nur selten und nur sehr wenig geschmiert werden, wozu man Mineralöl (Petroleum) verwendet. Man taucht ein mit Baumwolle ausgestopftes Leinwandbällchen in das Oel und wischt damit den Stromsammler, während der Umdrehung ab. Um hiebei Unfälle

Digitized by Google

zu vermeiden, ist die größte Vorsicht des Wärters erforderlich. Wenn die Bürsten glatt am Stromsammler schleifen, dann magnetisirt der Wärter die Maschine und zwar dadurch, daß er — wenn die Dynamo der Nebenschluß- oder eine Compound-Maschine (gemischte Schaltung) ist, den Widerstands-Regulator mit dem Hebel in die Magnetisirungsspulen einschaltet und dann den Widerstand so lange verringert, bis das Voltameter um 3—4 Volt mehr zeigt, als die Betriebsspannung sein soll. Hierauf schaltet er durch rasche Bewegung der Handhabe des Hauptausschalters den äußeren Stromkreis ein und beobachtet sofort am Voltameter, ob die zum Betriebe erforderliche Spannung erreicht ist. Zeigt das Voltameter zu viel, so muß etwas Widerstand eingeschaltet, im entgegengesetzten Falle aber ausgeschaltet werden.

Ist jedoch die Dynamo eine Serienmaschine, so wird zuerst der in den Hauptstromkreis eingeschaltete Rheostat auf großen Widerstand eingestellt und hierauf erst der Hauptausschalter mit rascher Bewegung eingeschaltet. Sodann ist das Ampèremeter (Strommengemesser) zu beobachten und dabei der Widerstand des Hauptrheostates so lange zu vermindern, bis auch dieses Instrument die richtige Zahl anzeigt (die zum Betriebe nöthigen Volta- und Ampèrezahlen sind daher dem Wärter stets bekannt zu geben und auf der Schaltungstafel ersichtlich zu verzeichnen).

Nach Einschaltung des äußeren Stromkreises und nach Erreichung der normalen Stromstärke, arbeitet die Dynamo, wenn sie eine Gleichstrommaschine ist, sofort mit voller Belastung; die Wechsel- oder Drehstrommaschine jedoch erfordert zur Magnetisirung ihrer Spulen stets eine dazwischen geschaltete kleine Gleichstrommaschine als Hilfskraft um unter „voller Belastung" angehen zu können.

4. Anlegen der Bürsten. Sodann müssen beide Stromabnehmer (beziehungsweise beim Motor: Stromzuführer) gleichzeitig und während des Ganges der Maschine mit dem isolirten Handgriff des Bürstenhalters derart eingestellt werden, daß keine Funken entstehen. In diesem Falle stehen die Bürsten in der „neutralen Linie" (d. i. gleichweit entfernt vom Süd- und Nordpol des Elektromagnetes). Nach richtiger Einstellung muß die Klemmschraube des Bürstenhälters angezogen werden, damit derselbe mit den daran befindlichen Bürsten sich nicht verschieben kann. Gibt der Stromsammler jedoch immer nur unter einer Bürste Funken, so muß diese einzelne Bürste so lange nach vor- oder rückwärts verschoben werden, bis das Funkensprühen aufhört, worauf diese Bürste wieder festzuklemmen ist. Bei dieser Verrichtung muß sehr vorsichtig vorgegangen werden, damit die gelockerte Bürste vom Stromsammler nicht abgehoben werde und dadurch keine Stromunterbrechung entsteht.

Digitized by Google

Bei Dynamos mit hoher Stromspannung (Volts) dürfen die Bürsten während des Betriebes nur mit gut isolirten Handhaben (auch die Hände des Wärters mit Kautschukhandschuhen geschützt) bedient werden.

Ursachen des Funkensprühens. Der Stromsammler gibt im Allgemeinen nur dann Funken, wenn 1. die Bürsten nicht richtig eingestellt, 2. wenn dieselben abgenützt sind. 3, wenn der Stromsammler außer dem Mittel der Achse (unrund) läuft, 4. wenn die Stromleitung der Maschine schädlichen Neben- oder Erdschluß hat.

C. Verhaltungsregeln während des Ganges der Maschine.

Wenn die Elektromaschine in regelmäßigem Betriebe ist, hat der Wärter vor Allem für die unveränderliche Einhaltung der vorgeschriebenen Tourenzahl und für genügende Schmierung zu sorgen; er hat dabei auch das Volta- und Ampèremeter stets in Auge zu behalten. Kurze vorübergehende Ueberanstrengungen beeinflußen den Gang des Motors nicht und ist die Verwendung von Regulatoren oder Schwungrädern (wie z. B. bei Dampfmaschinen) bei Elektromotoren nicht nöthig. Wenn sich jedoch durch länger dauerndes Aushängen größerer Arbeitsmaschinen die Stromstärke oder Spannung auffallend ändert, so muß der Wärter durch Einschalten der Widerstände (Rheostat) die Stromlieferung reguliren. Wo ein automatischer Regulator angebracht ist, ist natürlich jede Nachregulirung durch den Wärter überflüssig. Während des Betriebes hat der Wärter auch darauf zu achten, daß nicht Eisenfeilspäne, Drahtenden u. s. w. in die Nähe der Maschine kommen. Bei besseren Maschinen ist daher die ganze Maschine in einem Gehäuse eingeschlossen, aus welchem nur die Riemenscheibe frei hervorragt.

D. Betriebsstörungen.

Geht die elektrische Maschine nach der Betriebsetzung nicht an oder bleibt sie plötzlich stehen, so ist in erster Linie zu untersuchen, ob die Bleisicherungen an der Maschine und in der Hauptleitung in gutem Stande sind. Dann muß nachgesehen werden, ob die Stromabnehmer (beziehungsweise Stromzuführer) den Stromsammler am Anker an der „neutralen Linie“ berühren. Zu dem Zwecke ist der Bürstenhebel so lange vor- und rückwärts zu verdrehen, bis jene Stelle gefunden ist, in welcher, wenn der Strom durchgeht, das Funkensprühen aufhört und das Voltmeter die größte Spannung anzeigt. Wenn die Maschine dann noch nicht angeht, so ist der äußere Stromkreis auszuschalten und zu versuchen, ob die Maschine für sich allein Strom erzeugt. Wenn die Primärmaschine eine Serienmaschine ist, so werden die beiden zum

Digitized by Google

äußeren Stromkreise führenden Polklemmen der Primärmaschine, während dieselbe im Betriebe ist, mittelst eines kurzen und dicken Drahtstückes, welches mit gut isolirender Hülle umgeben ist, berührt, d. h. ein „kurzer Schluß" herbeigeführt. Dies darf jedoch nur auf einen Augenblick geschehen, damit nicht starkes Funkensprühen und Erhitzen der Maschine gefährlich wird. Wenn der Strom mit diesem kurzen Schluß angeht, so ist der beobachtete Fehler im äußeren Stromkreise zu suchen.

Wenn hingegen die Maschine eine Nebenschluß- oder Compound-Maschine ist, so schaltet man ebenfalls den äußeren Stromkreis aus, und beobachtet am Voltameter, ob die Nebenschlußmagnetspulen die Maschine magnetisiren und die nöthige Stromspannung bewirken. Ist dies der Fall, so liegt der Fehler im äußeren Stromkreise. Wird nun der äußere Stromkreis wieder eingeschaltet, und verliert die mit Nebenschluß magnetisirte Maschine dadurch wieder ihre Magnetisirung so ist ein „kurzer Schluß" — behält sie aber die Magnetisirung, und Stromspannung, ohne den Hauptstrom zu liefern, so ist eine Unterbrechung in der Hauptleitung zu vermuthen.

Wenn die Maschine bei diesen ohne den äußeren Stromkreis vorgenommenen Untersuchungen dennoch keinen Strom gibt, so ist der Fehler in deren Innerem zu suchen.

Fehler in den Drahtwindungen. Ist in der Trommel ein Draht gebrochen, oder sind die Enden der Drahtspulen schlecht verlöthet oder schlecht in die Stromsammler-Lamellen eingeschraubt, so gibt oder erhält die Maschine keinen Strom. Um diesen Fehler zu finden, läßt man die Maschine anlaufen, während der äußere Stromkreis eingeschaltet ist, und berührt während des Betriebes zwei nahe liegende Stellen des Sammlers mittelst eines kurzen, außen isolirt umhüllten Drahtstückes. Wenn die Maschine jetzt angeht, so bildet der Strom einen Lichtbogen, welcher an der Stelle der Unterbrechung auftritt und mit dem Sammler zugleich rotirt. Wenn dies eintritt, muß die Maschine schnell ausgeschaltet und abgestellt werden. Die fehlerhafte Drahtspule wird durch Verbrennungszeichen an den Lamellen angezeigt.

Kurzer Schluß der Spulen des Stromerregers. Wenn einzelne Spulen „kurzen Schluß" haben, oder wenn eine Drahtspule schlechte Berührung hat, schwankt die Anziehungskraft der Magnete der Maschine. Hält man in einem solchen Falle z. B. ein eisernes Werkzeug über den einen Magnetpol, jedoch ohne denselben zu berühren, so fühlt man, daß derselbe in kleinen Zeiträumen wiederholt stärker und schwächer angezogen wird, während bei fehlerloser Wicklung die Anziehung stets gleich bleibt

Digitized by Google

Den fehlerhaften Stromerreger muß man dann aus der Maschine herausnehmen und mit einer Batterie und Galvanometer untersuchen.

Schutz gegen Erdschluß. Die Maschine muß gegen Erdschluß (Abfließen des Stromes in die Erde) sehr gut geschützt d. h. isolirt sein, sowohl bezüglich ihres inneren wie ihres äußeren Stromkreises; wenn der Wärter, auf bloßer Erde stehend, bei Berührung auch nur eines Leitungsdrahtes oder nur einer Bürste einen elektrischen Schlag fühlt, so ist die Isolirung fehlerhaft.

Verhalten bei außerordentlichen oder gefährlichen Erscheinungen. Tritt z. B. plötzlich unerlaubtes hohes Anwachsen der Stromspannung (Steigen des Voltameters) oder der Strommenge (Ampéres), bedeutendes Funkensprühen oder starkes Erhitzen der Drahtspulen (Verbreiten von Brandgeruch) ein, so muß der Wärter den Strom mittelst des Hauptausschalters unterbrechen und sodann sogleich seinen Vorgesetzten Meldung machen. Der Hebel des Ausschalters muß rasch umgeschlagen werden, um die schädliche Bildung eines Lichtbogens zu verhüten. Nachdem durch diese plötzliche Unterbrechung des Stromes der Antriebsmotor (bei der Stromerregermaschine) beziehungsweise die Arbeitsmaschinen (beim Elektromotor) eine bedeutende Störung im Gange erleiden, so muß der Wärter durch Signale die betreffenden Maschinenleiter gleichzeitig verständigen.

E. Abstellen der Elektromaschine.

Wenn der Wärter die Maschine abstellen will, so hat er zuerst die Magnetisirung derselben zu verringern. Dies geschieht dadurch, daß bei Serienmaschinen der Hauptrheostat (Widerstand), bei Nebenschluß- und Compoundmaschinen jedoch der in den Stromkreis geschaltete Nebenschluß-Rheostat stufenweise auf größeren Widerstand eingestellt wird. Wenn dann das Voltameter beinahe die gänzliche Abnahme der Stromspannung anzeigt, dann schaltet der Wärter erst den äußeren Stromkreis mit dem Hauptausschalter aus.

Bei solchen Stromerregermaschinen, die zum Laden von Accumulatoren (Batterien) benützt werden, darf jedoch vor dem Abstellen die Magnetisirung nicht abgeschwächt werden, sondern muß zuerst der Hauptstrom mittelst des Hauptausschalters unterbrochen werden, wobei jedoch ebenfalls für den Betriebsmotor (beziehungsweise die Arbeitsmaschinen) ein Signal gegebenen werden muß. Erst nachher wird der Regulirungswiderstand des Magnetisirungsstromes wieder ausgeschaltet.

Digitized by Google

F. Arbeiten nach dem Abstellen der elektrischen Maschine.

Nachdem die sämmtlichen Stromkreise der Maschine ausgeschaltet sind, hebt der Wärter mit isolirenden Handhaben die Stromabnehmer vom Stromsammler ab und befestigt dieselben in einer solchen Stellung, daß sie den Stromsammler nicht berühren können. Hierauf erst wird die Transmission oder der Motor der Stromerregermaschine abgestellt. Wenn die Trommelachse vollständig zum Stillstande gekommen ist, werden die Schmierdochte aus den Schmiervasen herausgenommen. Der Wärter hat sodann das angesammelte Tropföl zu entfernen und die Maschine vom Kupferstaube gründlich zu säubern und zu putzen. Der Wärter befühle schließlich auch die zum Stillstande gekommene Trommel (Ring), um zu erfahren, ob sie sich nicht zu stark erwärmt habe. Dann wische er den Stromsammler ab und reinige alle Theile, wie solches bei der oberwähnten Vorarbeit vor der Ingangsetzung ausführlich erörtert ist. Unberufene Personen dürfen unter keiner Bedingung in die Nähe der im Betriebe befindlichen Elektromaschine zugelassen werden.

b) Betrieb ortsveränderner Motoren (Straßenbahnmotoren).

Außer den für stationäre elektrische Maschinen erwähnten Betriebs- und Pflegevorschriften sind für die Führer von Straßenbahnmotoren noch folgende Regeln zu bemerken:

1. Auf ebener Strecke hat der Führer den linker Hand von ihm befindlichen Hebel des Aus- und Einschalters, rechter Hand die Kurbel der Bremse und mit dem Fuße die Alarmglocke nach Bedürfnis zu gebrauchen.

2. Auf stärkeren Steigungen (bei Bergbahnen) geschieht das Anfahren in folgender Weise:

a) Beim Anfahren auf Steigungen wird einfach langsam eingeschaltet und, sobald der Wagen sich in Bewegung setzt, eine sogenannte Schlittenbremse, welche beim vorherigen Anhalten niedergelassen war, eingerückt.

b) Beim Anfahren im Gefälle wird die Handbremse schnell gelöst, so daß der Wagen durch sein Gewicht schnell in's Rollen kommt. Sobald er dann die zulässige Fahrgeschwindigkeit erreicht hat, wird schnell eingeschaltet.

c) Ist in Folge zu schneller Fahrt die Geschwindigkeitsbremse ausgelöst, so hat der Wagenführer schnell auszuschalten und die Handbremse festzuziehen. Sobald der Wagen zum Stillstande gekommen ist,

Digitized by Google

muß, um nun weiterfahren zu können, zunächst die Feder der Geschwindigkeitsbremse wieder aufgewunden werden.

3. Das Anhalten des Wagens auf stärkeren Steigungen geschieht folgendermaßen:

a) Das Anhalten bei der Bergfahrt auf den Haltestellen, welche in der Steigung liegen, und in Fällen der Gefahr wird durch schnelles Ausschalten des Stromes und sofortige Auslösung der Schlittenbremse bewerkstelligt.

b) Das Anhalten am oberen Bahnhofe, welcher meist in der Wagrechten liegt, erfolgt einfach durch Ausschalten und Bremsen mit der Backenbremse.

c) Beim Anhalten auf der Thalfahrt sowohl in den Haltestellen, als auch im unteren Bahnhofe, wird zuerst die Bremse leicht angezogen, dann schnell ausgeschaltet und nun bis zum Stillstande gebremst.

d) In Fällen der Gefahr wird bei der Thalfahrt die Geschwindigkeitsbremse von Hand ausgelöst, dann schnell der Nothausschalter gezogen, also der Strom unterbrochen und schließlich die Schlittenbremse ausgerückt.

Um den Wagen ohne Stoßen in Bewegung zu setzen, schaltet der Führer zunächst den Nebenschluß und hierauf erst den Ankerstrom ein. Sodann verringert der Führer den Widerstand allmälig bis auf 0, wodurch die Geschwindigkeit des Elektromotors allmälig steigt.

Verhaltungsregeln bei unregelmäßigem Gange einer Dynamomaschine.

Dynamomaschinen sollen leise summend und ruhig laufen. Geräusch oder Zittern sind Zeichen, daß etwas nicht in der Ordnung ist; man soll in diesem Falle die Maschine sofort anhalten und untersuchen. Ursachen des Geräusches oder Erzitterns sind:

1. Gelockerte Schrauben; 2. Stöße des Achsenaufsatzes, der Nabe, der Riemenscheibe oder des Riemenrandes gegen die Lager; 3. schlechte Balancirung der Armatur oder der Riemenscheibe. 4. Anstoßen des Ankers gegen die Polstücke; 5. Stoßen der Riemennaht gegen die Riemenscheibe; 6. Reiben der Zähne des Ankers an den Polstücken; 7. Knirschen der Bürsten auf dem Stromsammler und 8. schlechte Befestigung der Gestelle der Maschine auf der Fundamentirung.

Gelockerte Schrauben findet man durch aufmerksame Untersuchung aller mit Schrauben versehenen Maschinentheile, wie der Lagerdeckel, der Riemenscheibe u. s. w. Die Störung durch diesen Fehler, welcher

Digitized by Google

häufig vorkommt, läßt sich leicht vermeiden, wenn man jedesmal untersucht, bevor man die Maschine in Gang setzt. Hat man festgestellt, daß der Fehler auf Stößen des Achsenansatzes, der Nabe, der Riemenscheibe oder des Riemenrandes gegen die Lager beruht, so bringt man die Achse auf die Drehbank und schafft zwischen dem Achsenansatze und dem Lager entsprechend Spielraum oder man versetzt die Riemenscheibe auf der Achse um so viel, daß sie nicht mehr gegen das Lager stößt; zulässig ist es auch, die Spannung des Riemens zu ändern, damit er nicht auf der Riemenscheibe gleiten und gegen das Lager streichen kann. In manchen Fällen läßt sich der Fehler auch durch Abfeilen des Lagerkörpers oder Lagerdeckels am Rande beseitigen.

Eine schlecht ausbalancirte Armatur oder Riemenscheibe wird gefunden, indem man die Hand auf das Gestell des im Gange befindlichen Elektromotors legt; man fühlt dann starke Erschütterungen, deren Stärke mit den Geschwindigkeitsänderungen der Dynamomaschine wechselt. In diesem Falle ist es nöthig, Anker und Riemenscheibe getrennt zu untersuchen. Man hebt hiezu die Achse sammt dem Anker heraus und legt sie auf zwei Schienen, welche mit Hilfe einer Wasserwage genau wagrecht aufgestellt, soweit von einander entfernt sind, daß sich der Anker zwischen ihnen stets frei bewegen kann; es empfiehlt sich, daß der Kopf dieser Schienen, auf welchen die Achse ruht, eine Schneide bildet. Ist die Anordnung in dieser Weise getroffen, so dreht man den Anker mit der Hand langsam vor und rückwärts und erkennt dann an dem Bestreben des schwereren Theiles vom Anker nach unten zu sinken, ob wirklich die eine Seite schwerer ist als die andere, d. h. ob der Anker schlecht ausbalancirt ist. Den gefundenen Fehler kann man beheben oder ausbessern, indem man auf der leichteren Seite ein Zusatzgewicht aus Blei solid befestigt. In derselben Weise prüft und verbessert man die Balancirung der Riemenscheibe.

Stöße des Ankers gegen die Polstücke können durch eine schlecht befestigte Drahtwindung verursacht werden. In allen Fällen genügt es, den Anker zu drehen und seine Oberfläche sorgfältig darauf zu untersuchen, ob zwischen dem Anker und den Polstücken allenthalben ein freier Raum ist. Ob irgend ein Theil des Ankers an den Polstücken schleift, findet man, indem man den Anker mit der Hand langsam dreht. Wenn die Riemenscheiben schlecht angeordnet sind, so wird in dem Augenblicke, in welchem die Riemennaht die Riemenscheibe berührt, ein starkes Geräusch, Schlagen bemerkbar. —

Bei den gezahnten Ankern macht sich, wenn die Dynamo in Betrieb ist, ein leises Brummen hörbar. Dieses Geräusch ist aber

Digitized by Google

nicht als Fehler anzusehen; tritt jedoch starkes Brummen auf, so liegt ein Constructionsfehler der Maschine vor, z. B. ein zu kleiner Querschnitt der Zähne, zu scharfe Ränder der Polstücke u. s. w. Wenn das Brummen bei einer sonst gut gehenden Dynamomaschine merklich zunimmt, kann die Ursache davon ein zu starker Erregerstrom sein; in letzterem Falle hat man nur den Widerstand des Erregerrheostates zu vergrößern.

Schlecht gestellte oder befestigte Bürsten, Rauheiten auf dem Stromsammler, zu harte oder steinige Bürsten (wenn man z. B. Kohlenbürsten gebraucht) können die Ursache der Entstehung eines ziemlich durchdringenden Geräusches sein. Hat man diese Gründe als Ursache der Störung aufgefunden, so ölt man den Stromsammler mit einem Tuchlappen ein wenig ein, oder beseitigt mit einer Feile oder Schmiergelpapier auf der Drehbank die Rauhheiten des Stromsammlers, oder endlich verbessert man die Stellung der Bürsten, indem man dieselben an dem Bürstenhalter befestigt.

VI. Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen.

Aufgestellt vom elektrotechnischen Verein in Wien.

a) Apparate zur Erzeugung, Aufspeicherung und Umwandlung des elektrischen Stromes.

1. Die Aufstellung solcher Apparate darf nur in Räumen erfolgen, in denen sich keine leicht entzündlichen oder explosiven Stoffe befinden.

2. Uebersteigt die zwischen irgend zwei Punkten der Stromquelle oder der zu den Vorrichtungen für Aufspeicherung oder Umwandlung des elektrischen Stromes führenden Leitungen auftretende Spannung bei Wechselströmen 150 Volt oder bei Gleichströmen 300 Volt, so ist die Stromquelle oder die Vorrichtung zur Aufspeicherung und Umwandlung des elektrischen Stromes von der Erde zu isoliren. Wechselstrommaschinen müssen unter allen Umständen von der Erde isolirt werden.

Als Isolation genügt eine Holzunterlage von 160 *mm* Dicke, welche durch einen Anstrich von Asphalt oder Theer oder durch Tränken mit Leinöl gegen das Eindringen von Feuchtigkeit geschützt ist. Dabei müssen die Apparate auf der isolirenden Unterlage in der Weise befestigt sein, daß eine Berührung der metallischen Bestandtheile derselben mit Körpern, die einen geringeren Isolationswiderstand haben als Holz, aus-

Digitized by Google

geschlossen ist. Wo eine solche Isolirung einer Maschine vom Boden nicht ausführbar ist, muß der Boden rings um die Maschine mit einem gut isolirenden Material, (Holz Kautschuk, Glas u. s. w.) belegt sein, so daß eine nicht isolirt stehende Person die Maschine nicht berühren kann. Es darf in diesem Falle (höhere Spannung oder Wechselstrom), wenn für die elektrische Maschine, Accumulator u. s. w. kein eigener verschließbarer Raum vorhanden ist, die Aufstellung nur in solchen Räumen erfolgen, welche ausschließlich nur dem Bedienungspersonale zugänglich sind. Endlich müssen in nächster Nähe der Apparate auffallende Placate angebracht sein, die zur Vorsicht nahmen.

3. Entwickeln sich bei der Stromerzeugung, Aufspeicherung oder Umwandlung schädliche Gase, so sind für die Aufstellung dieser Apparate abgeschlossene, für anderweitige Arbeiten nicht zu benutzende Räume zu verwenden, welche mit entsprechend bemessenen, direct in's Freie führenden Dunstabzügen versehen sind.

b) Leitungen.

4. Alle zur Fortleitung des Stromes zwischen den Stromerzeugern, den Apparaten zur Aufspeicherung oder Umwandlung des Stromes unter einander, sowie zwischen diesen und den Stellen, wo die Nutzanwendung (Motor) des Stromes stattfindet, dienenden Verbindungen (Leitungen) sind so zu bemessen, daß die Temperaturerhöhung der Oberfläche durch den durchfließenden Strom die Außentemperatur um 20° Celsius nicht übersteigt. — Bei Leitungen aus Kupfer mit einer Leitungsfähigkeit von mindestens 80% des chemisch reinen Kupfers und Querschnitten unter 100 mm^2 wären demnach 3 Amperes für 1 mm^2 bei isolirten und 4 Ampéres für 1 mm^2 bei blanken Drähten als zulässige Höchst-Beanspruchung anzusehen.

5. Die Anwendung von Drähten unter 1 mm Durchmesser ist, ausgenommen für mehrlitzige Kabel nicht gestattet.

6. Die vorstehenden Bestimmungen finden keine Anwendung auf schmelzbare Sicherheitsverbindungen und Rheostate, doch sind alsdann diejenigen Theile der Leitung, bei denen stärkere Erwärmung eintreten kann, in der Weise von der Umgebung zu isoliren, daß eine Berührung zwischen ihnen und entzündlichen Materialien nicht vorkommen kann.

7. In Räumen, wo leicht entzündliche oder explosive Gase vorkommen, dürfen Rheostate (Widerstände), bei denen Funkenbildung möglich ist, überhaupt nicht angebracht werden, es sei denn unter luftdichtem Abschluß.

Digitized by Google

8. Der Isolationswiderstand eines Leitungsnetzes gegen die Erde oder zwischen Theilen derselben Leitung, soweit Spannungsunterschiede vorkommen, muß mindestens 5000 $\frac{E}{J}$ Ohm betragen, worin E die zwischen den in Frage kommenden Punkten mögliche Volt- und J die Ampèreanzahl bezeichnet. — In solchen Fällen, wo in Folge großer Feuchtigkeit der die Leitung umgebenden Luft der angegebene Isolationswiderstand nicht erreicht werden kann, genügt auch eine geringere Isolation, wenn: a) die Leitung ausschließlich auf Isolatoren und so geführt ist, daß eine Feuersgefahr in Folge von Ableitung oder Strecken der Leitung ganz ausgeschlossen ist und b) bei Spannungen von mehr als 150 V bei Wechselstrom oder 300 V bei Gleichstrom eine zufällige Berührung nicht genügend isolirter Theile der Leitung durch unbetheiligte Personen ausgeschlossen ist.

9. In Räumen, wo Säuren oder Gase vorkommen, welche das Isolirmittel oder die Leitung selbst angreifen können, muß für besonderen Schutz der Leitungen gegen diese Einflüsse gesorgt werden. Die Isolation solcher Leitungen ist jährlich zu prüfen und gleichzeitig der Leiter selbst nach Maßgabe von Punkt 6 zu untersuchen.

10. Die Verwendung nicht isolirter Leitungen ist nur im Freien und nicht in geringerer Höhe als 3·5 *m* vom Boden gestattet, ausgenommen sind Rheostate, wobei aber diese allseitig geschützt sein müssen.

In gedeckten geräumigen Localen, größeren Werkstätten u. s. w. dürfen indessen blanke Leitungen auch verwendet werden, wenn sie in nicht geringerer Höhe als 4 *m* vom Boden auf Porzellan-Isolatoren geführt und gegen Berührung mit brennbaren oder metallischen Constructionstheilen des Gebäudes vollständig geschützt sind.

11. In allen Fällen, wo eine Berührung blanker Leitungen mit Telephon- oder Telegraphendrähten, sowie mit Metallmassen, wie Gas- und Wasserleitungsrohren möglich erscheint, sind für die betreffenden Stellen isolirte Leitungen zu verwenden.

12. Blanke Leitungen sind, falls zwischen denselben ein Spannungsunterschied herrscht, in einem wagrechten Abstande von mindestens 30 *cm* zu führen. Derartige Leitungen sind übrigens nach den Vorschriften, welche für Staatstelegraphenleitungen gelten, zu verlegen.

13. Isolirter d. h. seiner ganzen Länge nach durch nicht leitende Stoffe geschützter Draht soll von parallel laufenden Drähten in einem Abstande von mindestens 40 *mm* geführt werden, Metall von Metall gemessen.

Digitized by Google

Uebersteigt indessen der Spannungsunterschied zwischen irgend zwei Punkten der Leitung 150 Volt, so ist dieser Abstand für jede weiteren 50 Volt oder Bruchtheile davon um 10 *mm* zu erhöhen.

14. Ausgenommen von dieser Bestimmung sind besonders gut isolirte Drähte, wenn der Isolationswiderstand eines Drahtes, welcher 24 Stunden im Wasser gelegen hat, gegen das Wasser mindestens 2000 E Ohm für den Kilometer beträgt, worin E der im betreffenden Stromkreise vorkommende größte Spannungsunterschied in Volt bedeutet.

15. Alle Leitungen, welche in feuchten Räumen oder an feuchten Stellen geführt werden, müssen auf Isolatoren gespannt werden, ausgenommen, die Isolation der Leitung selbst entspricht den unter 14 erwähnten Bedingungen.

16. Die Leitungen sind womöglich stets zugänglich zu verlegen; insbesondere ist deren Verlegen in Mauerschlitze oder Fußböden zu vermeiden.

17. Bei Führung der Leitungen durch Mauern oder Fußböden sind sie durch Rohre aus vorzüglich isolirendem Material (starke Holzbüchsen, Porzellan- oder Gummirohre) zu führen, welche auch gegen eine Beschädigung der Isolation durch äußere Einflüsse möglichst schützen, dabei ist den Bedingungen unter Punkt 26 zu entsprechen. Durch Fußböden geführte Schutzrohre müssen 20 *mm* über letztere hervorstehen.

18. Diejenigen Theile der Leitung, welche zeitweiligen Platzveränderungen unterworfen sind, sollen eine besonders gute Isolation aufweisen und außerdem eine möglichst widerstandsfähige äußere Hülle haben. Solche Zweigleitungen müssen stets durch Abschmelzapparate geschützt sein.

19. Die Befestigung isolirter oder blanker Leitungen auf ihren Unterlagen mit Metallklammern oder sonstigen Leitern ist nicht gestattet.

20. Die Verwendung der Erde oder metallischer Körper, wie z. B. Gas- oder Wasserleitungsrohre, eiserne Träger, Stützen oder andere metallene Baubestandtheile als Theil der Leitung ist nicht gestattet.

21. Wo durch äußere Einflüsse eine Zerstörung der Umhüllung eintreten könnte, ist für eine dagegen schützende, widerstandsfähige Isolation Sorge zu tragen.

22. Alle Verbindungen an Leitungen sind durch Löthen herzustellen, ausgenommen sind die Verbindungen der Leitungen mit Abstellern und anderen elektrischen Apparaten.

Digitized by Google

23. Colophonium oder Säuren dürfen zum Löthen von Verbindungsstellen nicht verwendet werden, sondern nur ein Löthsalz, welches keine freien Säuren enthält, unter Anwendung eines gut verzinnten Kolbens. Bei feindrähtigen Kabeln darf eine Löthlampe nicht verwendet werden.

24. Bei Klemmverbindungen für Ströme von mehr als 100 Ampéres Stromstärke ist eine Versicherung gegen Loswerden anzubringen, alle Enden der Leitungen müssen vor dem Verlöthen oder Einklemmen sorgfältig metallisch rein gemacht und vor dem Verlöthen verzinnt werden. Bei der Verbindung isolirter Leiter unter einander ist von der Isolirung nur so viel zu entfernen, als unbedingt erforderlich ist. Alle Verbindungsstellen sind dann besonders sorgfältig wieder zu isoliren. Es ist darauf zu achten, daß der Uebergangswiderstand an der Verbindungsstelle kleiner ist, als an den übrigen Stellen der Leitung.

25. Scharfe Biegungen der Drähte oder Kabel sind zu vermeiden, auch ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Leitung nicht irgendwo mechanisch verletzt werden kann.

26. Bei Spannungen von mehr als 500 Volt für gleichgerichtete und 200 Volt für Wechsel-Ströme sind die Leitungen so zu führen, daß sie Unberufenen nicht leicht zugänglich sind. Die Führung der Leitungen in Mauerschlitzen oder unter dem Boden ist bei diesen Spannungen unzulässig. Ueber flache Dächer müßen derartige Leitungen 2·5 *m*, über Giebeldächer 0·5 *m* hoch geführt werden.

27. Primärleitungen für Hilfsgeneratoren (bei Wechselstrom) sind womöglich nicht ins Innere von Gebäuden zu führen; wo dies nicht zu umgehen, sind derartige Leitungen genügend zu schützen.

Bei Umwandlung der Spannung mittelst Transformatoren oder Accumulatoren ist, falls in den Erregerleitungen der Spannungsunterschied zwischen irgend zwei Punkten 500 Volt bei Gleichströmen und 200 Volt bei Wechselströmen überschreitet, abgesehen von den Bestimmungen unter 4, noch dafür Sorge zu tragen, daß, sobald der Spannungsunterschied den beiden Polen der Motorleitung oder zwischen einem Pole derselben zwischen Leitung und der Erde den normalen Spannungsunterschied von 50% überschreitet, die Verbindung der betreffenden Leitungen mit den Transformatoren oder Accumulatoren automatisch unterbrochen wird.

28. An Kreuzungsstellen müssen die Leitungen besonders gut befestigt werden, und bei allen Leitern, welche nicht der Bestimmung unter 14 entsprechen, müssen die sich kreuzenden Leiter außerdem durch ein gut isolirtes, festes Material von einander getrennt werden. Dabei muß

Digitized by Google

die isolirende Platte eine Seitenlänge haben, die mindestens doppelt so groß ist, wie der unter 13 vorgeschriebene Abstand der Leitungen. Statt dessen genügt es auch, wenn der eine der sich kreuzenden Leiter in einem vorzüglich isolirenden, auch gegen Bruch geschützten Rohre von der gleichen Länge geführt ist. Es ist ebenfalls zulässig, die Kreuzung in Form eines Bügels auszuführen, wenn dabei der unter 13 vorgeschriebene Abstand eingehalten und dafür Sorge getragen wird, daß eine Annäherung oder Berührung der Leiter unmöglich wird.

29. Kreuzungen von Leitungen mit metallischen Leitern (Gas- oder Wasserleitungsrohren u. s. w.) sind wie die Kreuzungen zweier Leitungen zu behandeln.

30. Sind die Leitungen mit Klammern befestigt, so dürfen letztere nicht mehr wie 1 *m* von einander angebracht sein, bei Biegungen ist der Abstand noch kürzer zu halten. Wo die Leitungen zu geschraubten Verbindungen (z. B. an Ausschaltern) führen, darf die nächste Klammer höchstens 100 *mm* entfernt sein.

31. Bei Centralstationen sind Erdschlußzeiger anzubringen, mittelst welchen der Zustand der Isolation des Leitungsnetzes mindestens zweimal innerhalb 24 Stunden zu prüfen ist; bei nicht continuirlichem Betriebe gleich nach Beginn und kurz vor Schluß des täglichen Betriebes.

c) Sicherheits-Vorrichtungen.

32. Bei allen Leitungen, in welchen Ströme von mehr als 5 Ampéres vorkommen können, sind selbstthätige Stromunterbrecher (z. B. Abschmelzdrähte) anzubringen, welche bewirken, daß die Stromstärke in keinem Theile der Leitung das Doppelte der unter 4 als zulässig erklärten normalen Beanspruchung überschreiten kann. — Bewirken diese Vorrichtungen eine Unterbrechung der Leitung, so muß dieselbe auf so große Länge erfolgen, daß ein Lichtbogen sich nicht bildet.

33. Stromunterbrecher und Ausschalter müssen an ganz trockenen Plätzen oder in wasserdichten Kästen angebracht sein, womöglich in lothrechter Stellung und leicht zugänglich.

34. Sämmtliche Contactstellen sind stets metallisch rein zu halten.

35. Jene Leitungen, in denen der stärkste unter normalen Umständen vorkommende Strom 30 Ampéres überschreitet, müssen an beiden Polen selbstthätige Stromunterbrecher haben; bei geringeren Stromstärken genügt es, wenn die Stromunterbrecher an einem Pole der Leitung angebracht sind, doch müssen in diesem Falle sämmtliche Stromunterbrecher eines geschlossenen Leitungsnetzes an demselben Pole angebracht sein.

Digitized by Google

36. Bei Mehrleitersystemen sind bei Stromstärken von mehr als 30 Ampéres selbstthätige Stromunterbrecher an allen Leitern anzubringen. Bei geringeren Stromstärken kann dies bei einem Leiter unterbleiben, doch müssen auch in diesem Falle sämmtliche Stromunterbrecher eines geschlossenen Leitungsnetzes an denselben Polen angebracht werden.

37. Bei Anbringung stelbstthätiger Stromunterbrecher an Stellen, wo eine Querschnittsänderung eintritt, sind die Stromunterbrecher möglichst nahe dieser Aenderung anzubringen.

38. Jeder selbstthätige Stromunterbrecher muß eine Marke tragen, aus welcher die normale Stromstärke ersichtlich ist, für welche er gebaut wurde.

39. Alle selbstthätigen Stromunterbrecher sind so anzubringen, daß eine Berührung der Unterbrechungsstelle oder des etwa abgeschmolzenen Materials mit brennbaren Stoffen ausgeschlossen ist. In Räumen, wo brennbare oder explosible Gase vorkommen, muß die Unterbrechungsstelle sich unter gasdichtem Verschluß befinden. Bei Verwendung von Quecksilberunterbrechern ist für reine Quecksilberoberfläche und dafür zu sorgen, daß ein Entweichen von Quecksilberdämpfen ausgeschlossen ist.

40. Jede größere Stromabgabestelle (insbesondere jedes Haus bei Centralstationenbetrieb) muß mit von Hand verstellbaren Stromunterbrechern an sämmtlichen Zuführungsleitungen versehen sein. Diese Stromunterbrecher müssen auf isolirter Unterlage für Polizei und Feuerwehr leicht zugänglich angebracht und mit deutlichen Inschriften: „Strom" und „kein Strom" versehen sein. — Bei Einzelanlagen muß es außerdem möglich sein, die Verbindung zwischen der Stromquelle oder den Apparaten zur Aufspeicherung oder Umwandlung des Stromes und sämmtlichen Leitungen rasch und sicher zu unterbrechen.

41. Bei Kurzschluß-Ausschaltungen muß ein Doppelcontact zuerst den äußeren Stromkreis schließen und dann erst die Leitung zur Stromabgabestelle unterbrechen.

42. An Stellen, wo eine Berührung mit Telegraphen- und Telephondrähten möglich ist, müssen in letzteren vor und hinter den gefährdeten Stellen selbstthätige Stromunterbrecher angebracht werden.

43. Die Leitungen sind so zu führen, daß eine Störung des Betriebes vorhandener Telephon- und Telegraphenleitungen nicht erfolgen kann.

Digitized by Google

VII. Allgemeine Regeln über die praktische Einrichtung und Berechnung elektrischer Anlagen.

(Nach Angaben des deutschen Elektricitätswerkes in Aachen.)

a) Allgemeine Gesichtspunkte der Einrichtung.

Für den Laien wird die Wirkung eines Elektromotors am besten durch den Vergleich mit der einer Turbine veranschaulicht. Die Leistung einer Turbine ist im Allgemeinen ein Product aus Druckhöhe und Wassermenge; beim Elektromotor aber Product aus Spannung (Anzahl Volt) mal Strom-Menge oder Stärke (Ampères-Anzahl) der Elektricität. In der Elektrotechnik bezeichnet man dieses Product Volt mal Ampère mit „Watt" und entspricht theoretisch eine Maschinenpferdekraft dem Verhältnis $= \frac{\text{Wattzahl}}{736}$. Wahl der Spannung. Es empfiehlt sich, (vorausgesetzt, daß nicht bereits eine Stromquelle bestimmter Spannung vorhanden oder an der Stromquelle auch elektrische Beleuchtung angeschlossen werden soll) für kleinere Motore niedrige, für größere dagegen hohe Spannung zu wählen, weil für größere Motoren mit geringer Spannung hohe Stromstärken (Mengen) und in Folge dessen auch größere Leitungsquerschnitte nothwendig werden. Ebenso wird man bei langen Leitungen gerne höhere Spannungen wählen, weil die geringeren Strommengen dünnere Leitungen und bei gewähltem Querschnitt geringere Spannungsverluste ermöglichen. Hohe Spannungen bedingen jedoch aufmerksamere Wartung und besonders sorgfältige Vermeidung von Isolationsfehlern in den Leitungen. Wahl des Motoren-Systems. Aus dem Obangeführten ist zu ersehen, daß die Kraftleistung eines Elektromotors von der zugeführten elektrischen Arbeitskraft des Nutzstromes d. i. von dem Producte von Volt (Spannung) mal Ampère (Strommenge) abhängt. Die Kraft eines Elektromotors erhöht oder vermindert sich also, je nachdem die Spannung oder Strommenge oder beide im zugeführten elektrischen Strome vergrößert oder verkleinert werden. In der Praxis benützt man von diesen 3 möglichen Fällen nur zwei und zwar: 1. den wechselnder Strommenge (Stromstärke) und 2. den wechselnder Strommenge und Spannung. Es ergeben sich hienach für den praktischen Betrieb zwei Arten von Elektromotoren:

1. Der Nebenschlußmotor (Elektromagnete erst im Nebenschluß zum äußeren Stromkreise geschaltet), bei welchem bei Belastung die Spannung unverändert bleibt, während die Strommenge wechselt.

Digitized by Google

Dieser Motor muß überall da angewandt werden, wo eine Stromquelle mit unveränderter Spannung vorhanden ist, wie in städtischen Centralstationen, oder, wo dieselbe wegen anderer Ursachen z. B. wegen gleichzeitiger Beleuchtung u. s. w. verwendet werden muß. Der Hauptvortheil des Nebenschlußmotors liegt in dem Umstande, daß von einer Stromquelle gleichzeitig mehrere Motore ohne gegenseitige Beeinflußung ihrer Umdrehungszahl und Wirkungsweise betrieben werden können; seine Anwendung ist durch die Höhe seiner Spannung beschränkt; man wird vortheilhaft kleine Nebenschlußmotore nur bis 200 Volt, größere bis 500 Volt (wenn die Beleuchtungsspannung überhaupt nicht geringere Voltzahl bedingt) gebrauchen können.

2. Der Reihenschlußmotor. Hier fallen bei Belastung sowohl Stromstärke als auch die Spannung. Da hier die Stromquelle mit der Belastung des Motors nicht nur in der Strommenge (Stärke), sondern auch in der Spannung abwechseln muß, folgt, daß jeder Reihenschlußmotor, soll nicht für zwei oder mehrere Motore gegenseitige Beeinflußung stattfinden, eine eigene Erregermaschine haben muß. Die elektrischen Uebertragungen mittelst Serienmotoren wendet man vortheilhaft da an, wo Kraft von einem Orte nur nach einer Verbrauchsstelle übertragen werden soll und die Kraft dort z. B. an einen Centralelektromotor (zum Betriebe der ganzen Fabrik) abgegeben werden kann. Der Hauptvortheil der Uebertragung durch Reihenschlußmotore gegenüber Nebenschlußmotoren liegt in der Möglichkeit höherer Spannungen (bei sehr großen Maschinen geht man sogar bis 2500 Volt) und damit Ueberwindung größerer Entfernungen bei geringer Dicke des Leitungsdrahtes. — Bei Reihenschlußübertragung ist es wegen der wechselnden Spannung nicht möglich, die Stromquelle (Erreger) oder den an die Arbeitsstelle geleiteten elektrischen Strom gleichzeitig zu motorischen und Beleuchtungs-Zwecken zu gebrauchen.

Berechnung der Dicke des Leitungsdrahtes. Bei jeder Leitung zur Uebertragung elektrischer Kraft (Energie) muß mit einem gewissen Verlust an Spannung gerechnet werden, welcher mit der Länge dieser Leitung, der Strommenge und der Verringerung der Leitungsdicke zunimmt. Den Querschnitt einer Kupferleitung berechnet man nach folgender Formel. $Q = \frac{2\,L\,.\,J}{58\,.\,\gamma}$ Quadratmillimeter. Hiebei bedeuten γ den zugelassenen Spannungsverlust in Volt; L die Entfernung von der Stromerregermaschine bis zum Motor in Meter; J die Stromstärke in Ampère $= \frac{\text{Watt}}{\text{Volt}}$; Q den Leitungsquerschnitt in Quadratmillimeter.

Digitized by Google

Beispiel für die Berechnung einer vollständigen elektrischen Anlage. Die Anlage bestehe aus einer Dynamostation (Erreger) *A* (Fig. 23 Gesammtanlage in Längenansicht dargestellt), die aus folgenden Theilen sich zusammensetzt: a. Westinghouse-Dampfmaschine, b) stromgebende Dynamo, c) Spannungsregulirdynamo. Der Stromerreger *b* hat 220 Volt 60 Amp. = 92%, der Elektromotor *d* (2 Stück, eins zu 15 Pferdekr.). Die Luftleitung *B* hat 250 *m* Länge, Kupferquerschnitt 20 mm^2. Der Gesammtwirkungsgrad der ganzen Maschinenanlage stellt sich auf 82·8%; Leitungsverlust im Maximum = 25 Volt.

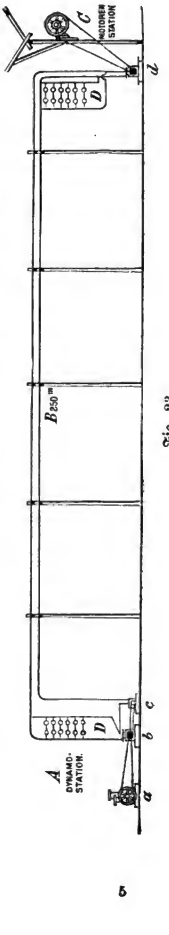


Fig. 23

Im Allgemeinen wird für den Betrieb eines Elektromotors auch eine besonders aufzustellende Stromerregermaschine zu veranschlagen sein und bei vorheriger Wahl der Spannung an den Klemmen des Motors ein solcher Spannungsverlust in Procenten der Spannung für die größte Strommenge (Stärke) zugelassen werden müssen, daß einerseits der Gang des Motors bei zunehmender Strommenge, in Folge steigender Beanspruchung nicht zu sehr beeinflußt werden kann, anderseits der Leitungsquerschnitt nicht zu hohe Anlagekosten erforderlich macht. Ein Spannungsverlust von 7·5 bis 10% hat sich für die Praxis als zweckmäßig herausgestellt. — Entnimmt man hingegen den Strom einem bereits vorhandenen Leitungsnetze wie z. B. einer städtischen Central-Anlage, so ist in den meisten Fällen die Entfernung bis zum Motor eine so geringe, daß der Spannungsverlust nicht in Berücksichtigung genommen werden braucht. Die Berechnung des Leitungsquerschnittes wird dann wesentlich durch den Umstand bestimmt, daß der durchfließende Strom keine Erwärmung im Gefolge hat. Praktische Erfahrungen haben ergeben, daß man auf jedes Quadratmillimeter einer Kupferleitung beiläufig 2 Ampères hindurch zu leiten vermag. Hienach würde der Drahtquerschnitt bei einer Strommenge von J Ampère:

$\mathfrak{Q} = \frac{\mathfrak{J}}{2}$ Quadratmillimeter zu wählen sein. Hinsichtlich der Art der Leitungen ist zu bemerken, daß oberirdische Leitungen den Kabelleitungen in der Erde vorzuziehen sind, da erstere leichter in guter Isolation gehalten werden können und auch erheblich billiger herzustellen sind als letztere.

Berechnung der Stromquelle. Wie zu Folge des oben Gesagten ersichtlich, bedarf bei längeren Leitungen, bei denen mit einem wesentlichen Spannungsverluste (Volt) gerechnet werden muß, der Motor zum Betrieb eine größere Kraftleistung in Voltampère aus der Stromquelle, als dieses unmittelbar an seinen Klemmen der Fall ist. Hieraus ergiebt sich die Größe der stromerregenden Maschine, beziehungsweise die erforderliche Kraftmenge, wenn ein bestimmtes Leitungsnetz (Stadtleitung) bereits vorhanden ist und benützt werden muß. Nimmt man z. B. an ein Elektromotor von 10 Pferkr. soll von einem 100 *m* entfernten, neu aufzustellenden Stromerreger am Tage die nöthige Betriebskraft erhalten. Hier wäre ein Elektromotor mit 8500 Watt (eingerechnet 5 Volt Leitungsverlust) Bedarf zu wählen. Soll aber die stromgebende Maschine auch in der Nacht zur Beleuchtung dienen, so müßte sie die gewöhnliche Lampenspannung von 110 Volt haben. Der Drahtquerschnitt der Leitung wird dann aus folgenden Formeln bestimmt: $\mathfrak{Q} = \frac{2 . \mathfrak{L} . \mathfrak{J}}{58 . \gamma}$ oder da $\mathfrak{J} = \frac{8500}{(110-5)} = \frac{8500}{105} = 80$ Ampère, $\mathfrak{L} = 100\,m$ und $\gamma = 5$ Volt ist, so ist in unserem Beispiele $\mathfrak{Q} = \frac{2 . 100 . 80}{58 . 5} = 55$ Quadratmillimeter oder $= 8{\cdot}5\,mm$ die Dicke des Drahtes.

Die Stromerregermaschine hat dann zu leisten $= 110 \times 80 = 8800$ Watt.

Der Spannungsverlust vom Leerlauf bis zur vollen Belastung des Elektromotors soll $7^1/_2$ % der ganzen Spannung nicht überschreiten, um größere Geschwindigkeitsänderungen desselben zu vermeiden.

Die Stromquelle ist daher so einzurichten, daß sie bei Leer- und Volllauf des Motors möglichst gleichbleibende Spannung an den Klemmen des letzteren liefert, so daß der Motor auch bei wechselnder Belastung mit thunlichst gleicher Umlaufszahl arbeitet. Für die Nebenschlußmotoren läßt man, um dies zu erreichen, den Erreger mit einer dem jeweiligen Spannungsverluste in der Leitung entsprechend höherer Spannung (im Vergleich zu jener des Motors) arbeiten, oder

Digitized by Google

man schaltet eine kleine Spannungs-Regulirungs-Erregermaschine in die Leitung an der Erregerstation. Bei Serienmotoren läßt sich dies durch gemischte Schaltung (Compound) des Erregers erreichen.

Wahl der Größe des Stromerregers. Die stromgebende Dynamo ist nie zu knapp zu bemessen, weil die daraus zu treibenden Motore häufig zur Ingangsetzung schwerer Schwungmassen, Transmissionen u. s. w., wenn auch nur für kurze Zeit eine namhaft größere Strommenge gebrauchen.

Gesammtwirkungsgrad einer elektrischen Anlage. Der Gesammtwirkungsgrad einer elektrischen Kraftübertragung stellt sich, vorausgesetzt, daß eine besondere stromgebende Dynamo angewandt wird, bei größeren Uebertragungen auf: $0{\cdot}92 \times 0{\cdot}93 \times 0{\cdot}92 = 78\%$ bei den Maschinen der Aachener Fabrik.

Entnimmt man dagegen den Strom mit kurzer Leitung aus einer bereits vorhandenen Stadtleitung, so ist der Wirkungsgrad gleich demjenigen des Elektromotors, also = bis mindestens 92%

Der im obigen Beispiele angenommene Motor bedarf für eine Leistung von 10 Pferdekräften: 8500 Watt und müßte der Stromerreger 8800 Watt leisten. Theoretisch entsprechen bekanntlich 736 Watt einer Pferdekraft; die Erregermaschine gebraucht also theoretisch: $\frac{8800}{736} = 12$ Pferdekr. Da aber der Wirkungsgrad eines Erregers bei dieser Größe beiläufig 90% ist, so gebraucht der den Stromerreger treibende Motor (Dampfmaschine, Turbine): $12 . \frac{100}{90} = 13\frac{1}{3}$ Pferdekräfte. Der Gesammtwirkungsgrad wäre somit beiläufig 75%.

Die Umdrehungszahlen der Elektromotoren von $\frac{1}{4}$—40 Pferdekräften betragen von 1400—400 per Minute.

Maße. Die Länge variirt von 340—3200, Breite von 340—1100 und Höhe von 60—1350 Millimeter, je nach der Arbeitsleistung von $\frac{1}{4}$—200 Pferdekr.

Das Gewicht der Elektromotoren von 1—200 Pferdekr. variirt von 490—8400 Kilo.

Digitized by Google

Beiläufige Anschaffungspreise der Drehstrommotoren

von Siemens-Halske (loco Wien).

Maximale Leistung in Pferdekräften	Preis in fl. Oe. W.	Maximale Leistung in Pferdekräften	Preis in fl. Oe. W.
0·4	185	10	700
0·6	235	15	905
1·5	295	20	1175
2·5	340	25	1425
4	415	40	1845
7·5	565		

Zwischen 25 und 40 Pferdekräften werden daselbst keine Mittelgattungen gebaut.

Die Nummern von 0·4 bis 25 Pferdekräften werden daselbst einfache „Motoren", die Nummer von 40 Pferdekräften aber als „elektromotorische Maschine" benannt.

Preise der Dynamomaschinen

für Kraftübertragung von Alwin Hempel in Dresden (ab Fabrik) in Mark in 10 Größen:

Tabelle:

Motor												Preis
Motor	00	Type	0,	2	polig.	Leistung	in	P. S.	Stromconsum	in	Watt:	100 M. 100.—
„	0	„	0	„	„	„	1/25 1/6	„	„	„	250	„ 150.—
„	1	„	4	„	„	„	1/2 3/4	„	„	„	800	„ 300.—
„	2	„	4	„	„	„	2 1/2	„	„	„	2400	„ 500.—
„	3	„	4	„	„	„	5	„	„	„	4500	„ 750 —
„	4	„	4	„	„	„	8	„	„	„	7200	„ 900.—
„	5	„	5	4	„	„	12	„	„	„	10200	„ 1250.—
„	6	„	5	„	„	„	16	„	„	„	13400	„ 1550.—
„	7	„	5	„	„	„	20	„	„	„	16000	„ 2000.—
„	8	„	5	„	„	„	28	„	„	„	22600	„ 2500.—
„	9	„	5	„	„	„	40	„	„	„	32000	„ 3000.—
„	10	„	5	„	„	„	50	„	„	„	40000	„ 3600.—

In der Regel für Spannungen von 65 oder 110 Volt.
Nebenschluß oder Serienwicklung.

Voltmeter (Spannungsmesser).

Von 0—3 Volt zeigend . . . . . M. 25.—
„ 0—5 „ „ . . . . . „ 25.—
„ 0—10 „ „ . . . . . „ 28.—

Digitized by Google

Ampèremeter (Strommesser).

bis	10	15	20	30	80	160	300	Ampère
M.	25	25	25	25	45	50	60	

Die Ampèremeter von 80 bis 300 Ampère haben ein Messinggehäuse von 190 *mm* Durchmesser, auf Metallplatte von 230 *mm* Durchmesser montirt.

Weitere Preisangaben konnte der Verfasser bis zur Drucklegung des Buches nicht erhalten, da die meisten Firmen wegen der derzeitigen großen Concurrenz und sonstigen Conjuncturen des Maschinenmarktes sich zur Bekanntgabe bestimmter fixer Preise nicht entschließen können.

Allgemeine Betriebskosten der Stromerregermaschinen (nach Professor Dietrich).

Uebersetzungs-Weite	Spannung in Volt	Preis einer Pferdestärke beim Stromerreger				
		im Jahre in der Stunde	Mark 50 1·39 Pfg.	100 Mark 2·78 Pfg.	200 Mark 5·56 Pfg.	800 Mark 8·33 Pfg.
5 Kilometer	1000	erh. Stund. Pferdekr.	4·55	6·45	10·15	13·75
		Drahtdurchmesser *mm*	11·0	11·7	12·6	13·6
		Wirkungsg. d. Uebertr. %	73·2	74·5	75·7	76·7
		Anlagekosten	41500	44500	48600	53500
	2000	erh. Stund. Pferdekr.	4·30	6·10	9·80	13·5
		Drahtdurchmesser *mm*	6·5	7·6	9·20	10·2
		Wirkungsg. d. Uebertr. %	73·0	74·5	76·0	76·7
		Anlagekosten	30000	32500	37000	41000
10 Kilometer	1000	erh. Stund. Pferdekr.	6·00	8·11	12·3	16·2
		Drahtdurchmesser *mm*	11·4	12·2	13·2	14·3
		Wirkungsg. d. Uebertr. %	64·6	67·2	69·0	71·0
		Anlagekosten	666000	74000	84000	95000
	2000	erh. Stund. Pferdekr.	4·96	6·94	10·8	14·6
		Drahtdurchmesser *mm*	7·7	8·0	9·2	10·2
		Wirkungsg. d. Uebertr. %	69·9	70·9	72·7	74·1
		Anlagekosten	42000	45500	53500	60500
20 Kilometer	2000	erh. Stund. Pferdekr.	6·60	8·80	12·9	17·0
		Drahtdurchmesser *mm*	8·4	8·80	9·8	10·7
		Wirkungsg. d. Uebertr. %	63·3	64·6	67·8	69·6
		Anlagekosten	75000	80000	93000	107000

Die vorstehende Tabelle gibt nach Professor Dietrich den Preis der durch elektrische Kraftübertragung an der Motormaschine erhaltenen Stundenpferdekraft. Es ist dabei eine Uebertragung von 100 Pferdekräften vorausgesetzt und angenommen, daß die Pferdestärke an der Welle des Stromerregers jährlich 50 100, 200, 300 Mark kostet und daß die Ueber-

Digitized by Google

tragung entweder mit 1000 Volt oder mit 2000 Volt Klemmenspannung an der Erregermaschine erfolgt. Der Preis der Erregermaschine wird mit 10000 Mark für geringere und 11000 Mark für höhere Spannung angenommen; ferner der Kupferpreis der blanken Leitung mit 2 Mark 50 Pfennige pro Kilogramm, der Preis der Stangen für die oberirdische Leitung inclusive Kosten der Drahtziehung 13—20 Mark. Es werden 4% Verzinsung des Anlagecapitals, 12% Amortisation der Maschinen gerechnet.

VIII. Betriebsverhältnisse einiger derzeit bestehender elektrischer Anlagen, Literatur-Nachweis, Vollbahnen, Schwerkraftverwendung.

1. Elektrische Bahn in Budapest von Siemens & Halske. Der Betrieb des gesammten Netzes dieser Stadtbahn wird aus einer einzigen Centralstation bewirkt. In dem Kesselhause der Centrale sind 5 Wasserrohr-Dampfkessel à 98 m^2 Heizfläche aufgestellt, von welchen 3 im steten Betriebe sind, während 1 Kessel zur Reserve dient und ein Kessel in Reinigung sich befindet. In dem Maschinenhause der Centrale sind 3 Dampfmaschinen zu je 100 Pferdekräfte und drei zugehörige Stromerregermaschinen aufgestellt, welche von den Dampfmaschinen mit Hanfseilen angetrieben werden. Für die Erweiterung des Bahnnetzes standen 1892 drei Stück 200pferdige Dampfmaschinen mit direct auf derselben Welle gekuppelten Dynamos in Reserve. Sämmtliche Dampfmaschinen sind Compoundmaschinen mit Condensation. Das aus den Dampfmaschinen abgehende Condensationswasser wird (wegen Wassermangel im Sommer) einem Reinigungs- (Gradir-) Werk zugeführt und wieder als Speisewasser für die Kessel verwendet. Die zum Gradirwerk gehörigen Centrifugal-Pumpen und Ventilatoren werden mittelst eines Elektromotors angetrieben.

Der von den Dynamo-Maschinen in der Centrale erzeugte Strom wird zunächst an die Sammelschienen eines im Maschinenhause angebrachten Schaltbrettes und von hier aus mittelst eisenbandarmirter Patentbleikabel, welche in die Erde eingebettet sind, den einzelnen Bahnlinien getrennt zugeführt.

Vom Schaltbrette der Centralstation führen besondere Kabel zu den Kreuzungen der einzelnen Straßen der Bahnlinie. An den Anschlußpunkten der Kabel an die einzelnen Bahnlinien sind Vertheilungskasten angeordnet, aus denen mit kurzen Zuleitungskabeln die einzelnen Geleise der verschiedenen Bahnlinien mit Strom versorgt werden.

Digitized by Google

Von denselben Dynamos, welche den Strom zum Bahnbetriebe liefern wird an den Tageszeiten mit schwachem Verkehr eine größere, in der Centrale aufgestellte Accumulatoren-Batterie geladen. Dieselbe dient zur elektrischen Beleuchtung der Bureauräume, des Maschinen- und Kesselhauses und des Hofes. Nach Schluß des Bahnbetriebes, wenn die Maschinen abgestellt sind, werden von dieser Batterie die beiden Betriebsbahnhöfe mittelst Bogenlicht beleuchtet. Als Leitungen von der Batterie zu diesen Objecten dienen dieselben Leitungen, die unter Tags den Strom für den Bahnbetrieb leiten. Die Beleuchtung der Bahnhöfe während des Betriebes erfolgt unmittelbar von den Leitungsschienen der Bahn aus. Wagenpark. Derzeit dürften 63 elektrische Motorwagen und 8 Beiwagen im Betriebe sein. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt nach polizeilicher Anordnung 15 Kilometer per Stunde. Je ein Wagen leistet täglich 120—130, ja sogar bis 150 Wagenkilometer bei einem 16 stündigen Tagesbetriebe. Alle größeren Stationen sind mit der Centrale durch Telephone verbunden, deren Draht in demselben Canale der Wagenleitung sich befindet. Die Betriebseinnahmen betrugen im Jahre 1891 bei 8600C0 beförderter Personen bereits 542283 fl. Oe. W. (Fahrpreis 6·28 Kreuzer). 1892 war der Verkehr bereits auf das Doppelte gestiegen.

2. Elektrische Stadtbahn in Hannover (Siemens & Halske). Die Kraftstation besteht aus dem Kesselhaus mit 4 Wasserrohrkesseln. Im Maschinenhause stehen zwei Verbunddampfmaschinen, je 200 Pferdekr. und 351 Umdrehungen. Die Dynamos sind mit den Dampfmaschinen direct gekuppelt. Sämmtliche Leitungen sind oberirdisch und leicht zugänglich. Die Reperatur-Werkstätte (Einzelbetrieb) hat 18 Elektromotoren von zusammen 40 Pferdekr. welche die Werkzeugmaschinen direct treiben.

Wagenpark. Derselbe besteht aus 62 Motorwagen. Bahnlänge beträgt 8 Kilometer. Größte Fahrgeschwindigkeit 25 *km* in der Stunde. Auf jedem Perron des Wagens ist ein Einschalter angebracht, durch welchen bei Rechts- oder Linksdrehung der Wagen vor- oder rückwärts geführt wird. Beim Anhalten werden alle 4 Räder durch eine Kurbelbremse gebremst. Jeder Wagen ist mit einem Blitzableiter versehen. Zu jedem Motorwagen ist ein Beiwagen vorhanden, welcher in verkehrreichen Tagen angehängt wird. Zur Reinigung der Geleise bei Schneefall ist ein elektrisch betriebener Schneepflug mit den erforderlichen Walzen, Bürsten, Schiebern und Salzstreuvorrichtungen versehen.

3. Elektrische Stadtbahn in Dresden (Siemens & Halske). Oberirdische Stromzuleitung mit Gleitbügel, Rückleitung durch die Fahrschienen. Die Kraftstation hat 2 Wasserrohrkessel) je 137 m^2 Heizfläche), 2 Dampfmaschinen zu je 150 Pferdekr. direct mit Dynamo gekuppelt. Span-

Digitized by Google

nung des Stromes 500 Volt. Der Transformator verwandelt den Strom von 500 Volt in solchen von 110 Volt zur Beleuchtung des Bahnhofes. Jeder Wagen enthält 14 Sitz- und 16 Stehplätze. Die Beiwagen fassen 50 Personen. Jeder Wagen hat einen Elektromotor von 15 Pferdekr. Dem Anker wird der Strom durch Kohlenbürsten zugeführt. Im Ganzen wurden z. B. zur Ausstellungszeit pro Tag durchschnittlich 14400 Personen befördert.

4. Einzelantrieb im Charlottenburgerwerk (Siemens & Halske). 1890 wurde das ganze Werk für Einzelantrieb eingerichtet. Jede Werkzeugmaschine, deren 114 in der Fabrik untergebracht sind, hat ihren eigenen Elektromotor, auch die größeren Krahne sind mit elektrischem Antrieb versehen und zwar für jede Bewegung mit einem eigenen Motor. Von diesen Motoren sind 15 mit zusammen 230 Pferdekr. für Gruppenantriebe, 172 mit zusammen 160 Pferdekr. für Einzelantriebe und 7 mit zusammen 360 Perdekr. für Prüfstationen und Laboratorien bestimmt. Die Centralstation für Stromlieferung umfaßt drei 250 pferdige Dampfdynamomaschinen und eine große Accumulatoren-Batterie. Bis 7 Uhr Abends arbeiten meistens die Dampfdynamos; von da an gibt die Batterie den Strom für die Beleuchtung und etwaige Nachtarbeiten ab. Die Anordnung mit Einzelbetriebe hat in jeder Beziehung bisher günstige Erfolge aufzuweisen. Dem Arbeiter sind außer dem höchst einfachen Aus- und Einschalten des Motors keine anderen Mechanismen in die Hand gegeben als solche, mit denen er zu arbeiten gewohnt ist. Bei Leitspindelbänken ist außerdem die Einrichtung, die Drehrichtung zu wechseln. Dies wird hier durch einen Umschalter erreicht, durch den die Stromrichtung im Anker des Elektromotors umgekehrt wird. Der Umschalter hat 3 Stellungen: eine Mittelstellung, bei der der Strom unterbrochen ist, eine linke für Linksdrehung und eine rechte für Rechtsdrehung. Ebenso kann der Elektromotor in Folge seines geringen Gewichtes auch zu ortsverändernden Arbeitsmaschinen z. B. Lauf- Krahnen- Radialbohrmaschinen u. s. w. vortheilhaft verwendet werden. Der Wegfall Raum und Kosten fordernder Transmissionen sichert dem elektrischen Einzelantriebe aller Voraussicht nach bei Einrichtung neuer Fabriken eine bedeutende Zukunft. — Ohne Sanguiniker zu sein, kann man heute schon behaupten, daß das neueste Mittel, welches der Schöpfer der im Schweiße ihres Angesichtes sich abmühenden Menschheit mit der „elektrischen Kraftübertragung zur Unterstützung eröffnet hat, eine segenvolle Zukunft voraussehen läßt, die namentlich in sonst uncultivirbaren armen Gebirgsgegenden durch vollständige Ausnützung der dort bisher brach liegenden enormen Wasserkräfte einen großen Aufschwung und Besserung der da-

Digitized by Google

selbst herrschenden traurigen finanziellen Lage entschieden bewirken wird, Besonders dürfte dies zu erwarten sein, wenn der Staat diese Ausnützung der Allgemeinheit zugänglich machen und nicht Großspeculanten überlassen würde.

5. Betriebskosten bei elektrischem und bei Pferde-Bahnbetriebe. Nach den bisherigen Erfahrungen und genauen Erhebungen stellen sich die Betriebskosten ausgeführter Bahnen per Wagenkilometer wie folgt:

Pferdebahnen: in Wien 29, Frankfurt 28·5, Berlin 22·5, Budapest 20, Kreuzer Oe. W.

Elektrische Bahnen: Frankfurt-Offenbach 14·5, Pest und Mödling-Hinterbrühl 14 Liesing-Kaltenleutgeben 13, Boston 13, Londoner-Untergrundbahn 8·5 Kreuzer O. W.

6. Betriebsverhältnisse elektrischer Anlagen mit Wasserkraft. Der erste Versuch hierin wurde von der bekannten Budapester Firma Ganz & Comp. im Jahre 1892 mit dem Elektricitätswerk Tivoli-Rom gemacht. Durch Ausnützung der berühmten Wasserfälle in Tivoli wurden 4000 Pferdekräfte für Beleuchtungs- und Verkehrszwecke in Rom gewonnen.

Die Anlage von La Goul wurde 1895 in Betrieb gesetzt, dieselbe ist eine Verwerthung der Wasserkräfte des Flußes Doubs in der französischen Schweiz und versorgt die dortige berühmte Uhren-Kleinindustrie derzeit bereits mit 1500 Pferdekräften für ihre Arbeitsmaschinen mit elektrischen Betriebe, während noch weitere 2500 Pferdekr. demnächst zur Verwendung gelangen.

Bei Zusikon-Bremgarten, etwa 20 Kilometer von Zürich wurde 1894 durch Wehreinbauten in den Fluß Reuß eine Wasserkraft von 1300 Pferdekr. entnommen, von welchen 850 der Maschinenfabrik Escher-Wies & Comp. und 250 an die Stadtmühle in Zürich elektrisch zugeführt werden.

Das Isarwerk, 12 Kilometer von München entfernt, entnimmt dem Fluße Isar durch Wehreinbauten 6000 Pferdekr., die zum elekrischen Betriebe für München und Umgebung und besonders zur Abgabe von Kraft für zahlreiche Kleingewerbetreibende bestimmt, einer großen Zukunft entgegensehen. *)

*) Um sich einen Begriff über den Kraftreichthum des Niagarafalles in Amerika und seine derzeitige Ausnützung zu machen, folgen hier einige darauf bezügliche Zahlendaten: Nach oberflächlichen Berechnungen könnte der Niagarafall 9 Millionen Pferdekräfte liefern. Zur derzeitigen Ausnützung sind 10 Turbinen aufgestellt, deren

Digitized by Google

Da durch Verwendung von Wasserkräften die Kosten des elektrischen Betriebes sich auf ein Minimum reduciren, so wäre diese Art des Betriebes in wasserreichen Gebirgsländern ein Hauptmittel zur Hebung des Kleingewerbes, welche dasselbe mit der Großindustrie dauernd concurrenzfähig machen dürfte.

Literatur-Nachweis.

Denjenigen, die sich auf dem Gebiete der Elektromotoren ausführlicher belehren wollen, seien hier unter Anderen folgende neuere gediegene Werke genannt: „Die Dynamomaschine von Prof. W. Biščan, „die Accumulatoren von Prof. Dr. K. Elbs, „die dynamoelektrischen Maschinen" von Glaser-De Cew, „Leitfaden der Elektromaschinentechnik von Prof. J. Pechan, „elektrische Kraftübertragung" von Gisb: Kapp, „der praktische Elektrotechniker" von Prof. W. Weiler, „die dynamoelektrischen Maschinen" von Prof. S. P. Thompson übers. von L. Grauwinkel, „die Ankerwicklungen d. Gleichstrommaschinen" von E. Arnold, „die Schule des Elektrotechnikers" von W. Weiler u. s. w.

Anwendung elektrischer Kraftübertragung bei Vollbahnen.

In Amerika werden zur Zeit elektrische Locomotiven für Vollbahnen gebaut. Dieselben sind bestimmt, die Fortbewegung der Personen- und Güterzüge im Belt Line Tunnel der Baltimore-Ohio-Bahn in Baltimore zu leisten. Dieser Tunnel ist 12 *km* lang und durchzieht die Stadt Baltimore. Die Locomotiven sind von der General-Elektric Co. gebaut und sollen in Bälde in Betrieb genommen werden. Man ist auf das Ergebnis dieser Versuche auch in Deutschland gespannt. Bekanntlich wird die Frage des elektrischen Betriebes der Vorortsbahnen, besonders der Berliner Vorortsbahnen, im preußischen Eisenbahnministerium schon seit Jahren studirt, und dieses Studiren wird nun durch das Probiren der Amerikaner ergänzt. Ueber die Construction der Locomotiven folgen hier nachstehend einige vorläufige Nachrichten, aus amerikanischen Mittheilungen entlehnt. Die Wagengestelle, aus Schmiedeeisen hergestellt, ruhen auf vier Gußstahlrädern von 1575 *mm* Durchmesser. An dem Gestell sind zwei sechspolige Motorenfedern befestigt, von denen jede eine

---

jede bei 40 *m* Druckhöhe in der Secunde 12·5 m^3 Wasser zugeführt erhält. Jede dieser Turbinen macht 250 Umdrehungen per Minute und liefern diese 10 Turbinen zusammen 100000 Pferdekräfte. Diese Kraftzahl wird durch elektrische Uebertragung auf einen großen Umkreis des benachbarten Landes übertragen und entstehen in diesem Umkreis in Städtegröße eine Unzahl von gewerblichen Anlagen, die diese große Kraftmenge zu ihrem dadurch billigst gestalteten Betriebe benützen.

Digitized by Google

der beiden Achsen unmittelbar ohne Uebertragung treibt. Eine federnde Kupplung verbindet Anker und Radachse, und zu diesem Zwecke ist die Ankerwelle hohl, so daß die Radachse durch sie hindurch treten kann. Die Motoren, welche trotz ihrer Leistung — es werden die derzeit stärksten Motoren für Zugbetrieb verwendet — keineswegs unförmlich sind, gewähren leichten Zugang zu allen Theilen. Der Wagenkasten, welcher federnd auf dem Gestell sitzt, ist aus Holz und Blech gebaut. Allseits mit Fenstern versehen, gewährt er dem im Wagen thätigen Beamten einen freien Ausblick. Im Wagen ist die Steuerung der Motoren und eine kleine Luftpumpe für die Luftbremse und die Signalpfeife angebracht. Das Gewicht der Locomotive beträgt 95 Tonnen, die Länge 3·42 *m* und die Breite 2·19 *m*. Die höchste Fahrgeschwindigkeit beträgt 80 *km* per Stunde, die mittlere 48 *km* bei voll belastetem Zuge. Die Locomotive soll die schwerste Zugarbeit verrichten können. Man kuppelte eine solche mit einer der sechsachsigen Dampflocomotiven zusammen und ließ sie gegen einander anziehen; die elektrische Locomotive trug den Sieg davon und schleppte die Gegnerin mit. Dabei ergab sich außerdem, daß die elektrische Locomotive bei gleichem Raddrucke mit einer größeren Last anziehen kann, da bei ihr die Zugkraft, die bei der Dampflocomotive je nach der Stellung der Krummzapfen verschieden ist, constant bleibt.

Uebrigens werden schon seit mehreren Jahren in Frankreich Versuche mit elektrischen Locomotiven gemacht, denen ein ganz eigenartiges Princip zu Grunde liegt. Es steht auf der Locomotive eine Dampfmaschine von der Bauart, wie sie bei Schiffsmaschinen üblich ist. Sie treibt eine Dynamomaschine, die ihren Strom an Elektromotoren abgibt, welche auf den Achsen sitzen. Auf den ersten Blick erscheint es außerordentlich umständlich, die Dampfkraft erst in elektrischen Strom zu verwandeln, statt sie unmittelbar zum Treiben der Locomotive zu benützen. Es läßt sich aber dadurch rechtfertigen, daß die Ausnützung des Dampfes in der besonders construirten Dampfmaschine weit günstiger ist als in den Dampfcylindern gewöhnlicher Locomotiven, bei denen einfache Bauart Grundbedingung ist, daß ferner die Effectverluste durch das Anhalten fortfallen, denn die Maschine der elektrischen Locomotive bleibt beständig im Gang und gibt die erzeugte Elektricität während der Haltezeiten an Accumulatorenbatterien ab. Man fängt überhaupt im Bahnbetriebe an, der Elektricität mehr Aufmerksamkeit zu widmen als bisher. Die Bahnhöfe besitzen vielfach recht ausgedehnte elektrische Centralstationen, die nicht nur zur Lichterzeugung, sondern auch zum Betrieb von Drehscheiben und Schiebebühnen dienen. Sogar die elektrische Beleuchtung von Personenwagen, die in der Schweiz, in England und in Dänemark nichts Neues mehr ist, hat auch in Deutschland

Digitized by Google

Eingang gefunden, und zwar auf der Dortmund-Gronau-Enscheder Eisenbahn. Sie erfolgt durch Accumulatoren. Auch die Reichspostverwaltung beleuchtet einen großen Theil der Postwagen, die ihr Eigenthum sind elektrisch.

Ein besonders interessantes Beispiel der Verwendung der Naturkräfte beim Bergwerksbetriebe mit elektrischer Kraftübertragung ist nachstehendes:

Umwandlung der Schwerkraft in elektrische Energie. Eine elektrische Bahn, bei der die Eisenbahnwagen ihre Betriebskraft selbst erzeugen, findet sich, wie das Intern. Patenbureau Reichelt in Berlin mittheilt, im Staate Michigan in Nordamerika bei einem Eisenerzbergwerk. Die Grube liegt sehr hoch und die daselbst geförderten Erze müssen durch eine Eisenbahn zu Thal geschafft, die leeren Wagen aber wieder nach oben befördert werden. Im Grunde genommen wäre hierzu eigentlich keine Kraft nothwendig, da man ja nur den beladenen, zu Thal fahrenden Zug an die eine Hälfte eines Drathseiltriebes anzukuppeln brauchte, welcher das Drahtseil in Bewegung setzen und die seiner anderen Seite angeschlossenen leeren Wagen heraufziehen würde. Dies ging aber der localen Verhältnisse wegen nicht an, weil die Anfahrt der Wagen gerade entgegengesetzt der zu Thal führenden Strecke liegt. Man nahm daher die Elektricität in folgender origineller Weise zu Hilfe: Anstatt, wie sonst üblich, die beträchtliche lebendige Kraft das herunterfahrenden Wagenzuges durch Bremsen zu vernichten, gab man einem Wagen eine Dynamomaschine, in welcher durch die Drehung der Wagenachse, beziehungsweise durch den auf ihr sitzenden erregenden Anker ein elektrischer Strom erzeugt wurde, in welchen also hier die Last, beziehungsweise die Energie der Erde umgewandelt wurde; wie nun sonst umgekehrt bei elektrischen Bahnen die Dynamomaschine die Kraft durch den Contact von der nebenher laufenden Drahtleitung erhält, gibt hier die Maschine den Strom an die Leitung ab, die ihn nach Accumulatoren führt, von welchen aus die Dynamomaschine des zu Berg fahrenden leeren Zuges betrieben wird, so daß in der That gar keine irgendwie Geld kostende besondere Kraftquelle benöthigt wird. Da natürlich die nach oben fahrenden Wagen in ganz bestimmten Zeitperioden gefördert werden, auch mitunter Materialien aller Art mitnehmen, so kann bei sonst haushälterischer Oekonomie mit dem Strom schließlich auch einmal eine Kraft zur Anwendung gebracht werden, welche größer als jene sein kann, welche ein entsprechend belasteter, zu Thal fahrender Zug ausüben würde; wenn auf diese Weise auch nicht etwa eine Kraft aus Nichts erzeugt wird, sondern vielmehr die Last der oben auf dem Berge aufgeladenen Erze gewissermaßen wie die Gewichte

Digitized by Google

einer Uhr wirken, so zeigt die praktische Anlage doch eine sehr sinnige Ausnützung einer Kraft, die sonst in gleichen Fällen nichts hervorbringt wie ein Erhitzen oder Funkensprühen der gegen die Räder gepreßten Bremsklötze.

IX. Durchschnittliche Krafterfordernisse beim Betriebe von Arbeitsmaschinen und Motorwagen.

	Pferdekräfte.
1 englischer Mahlgang mit Steinen von 1·3 *m* Durchmesser	2·8—4·2
1 Mahlgang mit allen zugehörigen Hilfsmaschinen	5—7
1 Graupengang	4
1 Lohmühle (in 1 Stunde je 100 *kg* Lohrinde)	8
1 Sägemühle mit 1 Sägeblatt	2—3·5
1 „ „ 4 Sägeblättern	3·7—4·5
1 Dreschmaschine (3 Größengattungen)	2·4, 4—6, 6—12
1 Kreissäge	3—7·3
1 Fournirsäge	1·5—2
1 Holländer in Papierfabriken	5—8
1 Stampfwerk für Papierzeug mit 26 Stößeln	2·4—2·7
1 Papiermaschine (je nach Größe)	1·4—4·1
1 vertikaler Oelmühlgang	2·7
1 Tuchwalkmühle mit 2 Hämmern	1·6
1 Rauhmaschine für Tuch	0·4
1 Hanfbrechmaschine	1
1 Spinnmaschine mit 80—100 Spindeln	1
1 Bleiche (800—10000 Stück täglich)	30
1 Spulmaschine mit 144 Spindeln	0·2
1 Zettelmaschine	2
1 Schlichtmaschine (Weberei)	0·1
1 Webstuhl	0.1
1 Centrifugaltrockenmaschine	2—3
1 Stoßmaschine und Scheere in 3 Größen	0·6—1·2, 1·3—5·3, 5·5—12
1 Schrauben- und Mutternschneidmaschine	1—2
1 Schleifstein in 3 Größen	9·5—1·2, 1·3—5·3, 5·5—12
1 Schrauben- und Mutternschliefmaschine	1—2
1 Schleifstein in 3 Größen	0·5—1·2, 1·3—5·3, 5·5—12
1 Stirnhammer von 50 Centner-Gewicht	30
1 „ „ 100 „ „	37

Digitized by Google

1 Bretthobelmaschine	3—5
1 Holzstoffmaschine (10 Cntr. Holzstoff in 24 Stunden)	·40
1 Räderdrehbank	2—2·5
1 Aufwerfhammer von 14 Cntr. Gewicht	10—12
1 Schwanzhammer „ 10 „ „	6·4—7·5
1 Kleinhammer	4—7·5
1 Luppengängewerk	8—10
1 Luppenwalzwerk mit 2 Walzenpaaren	20
1 Walzwerk für Eisenbahnschienen	40—45
1 Feineisen-Walzwerk, 2 Walzenpaare gleichzeitig im Gange	15—20
1 Differentiallampe (elektrische) von 1000 Normalkerzen	0·8—0·9
1 Glühlicht von 16 Normalkerzen	0·1
1 Strohelevator	1
1 Nähmaschine	0·1
1 Motorwagen je nach Personenzahl	15—25

Digitized by Google

Anhang.

Um sich wenigstens einen beiläufigen Begriff über die Dimensionen, Leistungen, Gewichte u. s. w. der Elektromotoren und ihres Zubehöres sowie über elektrischen Bahnbetrieb machen zu können, folgen nachstehend einige Tabellen soweit selbe dem Verfasser zugänglich waren.

I. Elektromotoren der deutschen Elektricitätswerke in Aachen.

a) Zweipolige Elektromotore.

Effective Pferdestärken Max.-Spannung 220 Volt		1/4	2/3	1	2	3	5	6	7	10	15	20	25	30	40
Raumbedarf des Motors ausschließlich Fundament	Länge *mm* . . .	400	550	650	730	870	940	1030	1050	1200	1300	1450	1600	1800	1900
	Breite *mm* . . .	270	300	340	400	450	500	590	600	650	710	770	790	860	970
	Höhe *mm* . . .	270	310	380	420	560	580	590	600	700	730	780	800	870	900
Nettogewicht des Motors in Kilo . . .		35	80	140	250	400	590	700	750	1000	1200	1600	2300	2400	3500
Riemenscheiben-Verhältnisse	Tourenzahlen . .	1500	1400	1300	1250	1200	1150	1100	1050	1000	950	900	800	800	750
	Durchmesser *mm* .	80	100	120	150	175	200	225	240	250	280	300	350	375	400
	Breite *mm* . . .	60	80	100	110	130	150	170	180	210	230	250	280	300	300
Erforderliche Energie in Watt . . .		300	740	1000	1900	2800	4500	5400	6000	8500	12400	16000	20000	24000	32000
Jede beliebige Spannung in Volt . .		110	110	220	220	300	300	300	350	400	500	600	700	800	1000

b) Preise der Nebentheile in Reichsmark.

Verpackung des Motors	**5**	**8**	**10**	**12**	**12**	**12**	**20**	**20**	**25**	**27**	**32**	**35**	**40**	**50**
4 Fundamentanker	**4**	**5**	**6**	**8**	**8**	**8**	**12**	**12**	**15**	**15**	**15**	**15**	**20**	**25**
Riemenspann-Vorrichtung	**22**	**25**	**32**	**36**	**36**	**36**	**50**	**50**	**65**	**65**	**65**	**65**	**85**	**85**
1 Satz Reservebürsten	**2**	**3**	**4**	**4**	**4**	**4**	**5**	**5**	**10**	**11**	**12**	**12**	**15**	**16**

c) Vierpolige Elektromotore

Effective Pferdestärken (Max.-Spannung 220 Volt)		$1^1/_2$	$2^1/_2$	4	6	$8^1/_2$	12	$15^1/_2$	$21^1/_2$	28	$36^1/_2$	$42^1/_2$	50	62	82
Raumbedarf des Motors ausschließlich Fundament	Länge *mm*	550	670	810	1020	1080	1080	1180	1300	1400	1640	1710	1860	1980	1900
	Breite *mm*	350	380	450	510	540	580	650	730	790	850	910	1020	1000	1070
	Höhe *mm*	420	450	575	660	700	750	820	930	990	1050	1140	1290	1250	1320
Nettogewicht des Motors in Kilo		100	150	270	360	480	660	820	1150	1400	1800	2300	3100	3800	4750
Riemenscheiben-Verhältnisse	Tourenzahlen	1250	1150	1050	950	900	850	800	700	650	600	550	500	475	450
	Durchmesser *mm*	120	150	180	200	225	240	250	275	300	340	380	425	450	500
	Breite *mm*	100	110	150	180	210	210	250	250	260	300	300	350	350	400
Erforderliche elektr. Energie in Watt		1450	2600	3800	5500	7500	10400	13000	18000	23000	30000	35000	40300	50000	65000
Jede beliebige Spannung bis zu Volt		220	300	500	500	600	600	800	1000	1500	1500	1500	1500	2000	2000

d) Preise einiger Nebentheile der vierpoligen Elektromotoren in Reichsmark.

Verpackung	10	12	15	20	22	30	30	30	30	35	45	50	55	60
Riemenspann-Vorrichtung (2 Schlitten)	36	36	36	50	50	65	65	65	65	65	85	85	100	100
4 Fundamentanker	8	8	8	12	12	15	15	15	15	15	25	25	25	25

Digitized by Google

II. Preise des Leitungsmaterials (nach Angaben von Alwin Hempel in Dresden).

a) Isolirte Leitungsdrähte.

Dicke des Kupferdrahtes in *mm*	1	1·2	1·5	2	2·5	3	3·5	4	4·5	5	5·5	6
Querschnitt in mm^2	0·79	1·13	1·77	3·14	4·91	7·07	9·62	12·57	15·9	19·64	23·76	28·27
a) **Kupferdraht**, doppelt besponnen, umgeklöppelt und asphaltirt oder feuersicher imprägnirt . . . je 100 *m* in Mark	4·5	6	8	10	14	18	23	27	35	45	59	65
b) verzinnter **Kupferdraht**, mit Garn umsponnen, mit Gummiband und dann doppelt mit Garn besponnen, umgeklöppelt und asphaltirt . je 100 *m* in Mark	9	12	15	18	23	30	37	48	55	65	75	90

c) **Eisendraht**, besponnen, umgeklöppelt und asphaltirt — Durchmesser 2 — 2·5 — 3 *mm*

je 100 Meter Länge Mark — 10.— — 12.— — 15.—

b) Kabel.

Anzahl der Kupferdrähte	7	7	7	7	7	19	19	19	19	19
Durchmesser der einzelnen Drähte in *mm*	0·8	1·0	1·2	1·4	1·6	0·8	1·0	1·2	1·4	1.7
Querschnitt in mm^2	3·52	5·5	7·92	10·77	14·07	9·55	14·92	21·49	29·25	38·2
Kabel mit Garn doppelt umsponnen, umklöppelt und asphaltirt . . . . . je 100 *m* in Mark	16	20	30	35	45	35	50	70	90	115
Kabel aus verzinntem Draht mit Gummi isolirt, doppelt umsponnen, impregnirt und asphaltirt je 100 *m* Länge in Mark	25	35	40	50	65	50	60	85	100	130

Digitized by Google

c) Bleikabel.

Durchmesser des Kupferdrahtes in *mm*	1	1·2	1·6	2	2·5	3	3·5	4	5	6
Kabel mit einfachem Bleimantel für feuchte Räume je 100 *m* Länge in Mark	20	25	30	35	45	55	70	85	120	180
Kabel mit doppeltem Bleimantel und getheerter Hanfgarn-Umklöppelung für unterirdische Leitungen je 100 *m* Länge in Mark	40	45	55	65	80	90	110	130	180	230

d) Isolatoren u. s. w.

Nr. 91. Porzellanknöpfe	Durchmesser	20	25	30	35	40 *mm.*	
	das Hundert M.	3.50	4.—	4.75	5.50	7.25	
„ 92. Porzellanrollen	Durchmesser	14	17	22	30	40 *mm.*	
	das Hundert M.	1.60	2.—	2.50	4.—	6.75	
„ 93. Isolatoren (Glockenform)	Höhe	35	55	80	105	140 *mm.*	
ohne Stütze	Durchmesser	35	40	60	70	90 *mm.*	
	das Hundert M.	24.—	32.—	40.—	60.—	80.—	
„ 94. mit „	„ „ „	60.—	64.—	72.—	100.—	120.—	
„ 95. Einführungstüllen, gerade	Länge	30	30	30	40	60	70 *mm.*
	Lochweite	5	8	12	8	10	12 „
	das Hundert M.	6.—	6.—	6.—	6.50	8.—	10.—
„ 96. „ gebogen, Lochpfeifen	Länge	80	120	130	280 *mm*		
	Lochweite	10	16	19	20 „		
	das Hundert M.	12.—	32.—	40.—	75.—		
„ 97. Porzellanklammern	Länge	30	35	42	53	67	105 *mm.*
	100 Ober- und Untertheile M.	3.20	4.80	5.60	7.20	12.—	18.—

„ 98. Isolirband 1 Kilo M. 6.50.

Digitized by Google

III. Tabellen über Anlage- und Betriebskosten sowie über Verzinsung einiger elektrischer Bahnen.

a) Vergleichungstabelle über die Dampftramway Liesing-Kaltenleutgeben und die elektrische Bahn Mödling-Hinterbrühl (bei Wien).

	Länge der Strecke	Anlage-Capital		Beförderte Personen	Wagen-Kilometer zurückgelegt	Einnahmen		Ausgaben	
		für die ganze Strecke	pr. Kilometer			im Ganzen	pr. Wagen-Kilometer	im Ganzen	pr. Wagen-Kilometer
	km	fl.	fl.			fl.	fl.	fl.	fl.
Localbahn Liesing-Kaltenleutgeben pr. 1889	6·68	347.501	52.000	470.007	310.170	51.714	0·166	44.119	0·117
Elektrische Bahn Mödling-Hinterbrühl pro 1885	4·476	403.892	90.230	342.129	135.477	52.304	0·386	19.478	0·144

b) Vergleichungstabelle zwischen Pferdebahn in Frankfurt und elektrischer Bahn in Offenbach.

Betriebsergebnis der elektrischen Bahn nach Offenbach 1889/90 und der Frankfurter Pferdebahn 1889	Auf den Wagen-Kilometer in Pfennigen	
	elektrische Bahn	Pferde-Bahn
Brutto-Einnahme	27	53·7
Betriebs-Ausgaben	19	42·9
Ausgaben einschl. Amortisation, bezw. Abschreibungen und Generalspesen	24	47·2
Von den Ausgaben entfielen auf Heizung und Beleuchtung	2·5	0·5
Gehalte und Löhne	9·5	13·1
Unterhaltung von Maschinen ꝛc. bezw. Pferden und Wagen	3·0	19·0
Unterhaltung von Bahnkörper und Gebäuden	1·5	5·4
Steuern und Abgaben	0·3	2·4
Diverse	2·7	2·9
Abschreibungen, bezw. Amortisation	4·5	2·8
Gewinnantheil der Stadt	—	1·0
	24·0	47·1

Es stellen sich somit die **Betriebsausgaben** bei der elektrischen Bahn auf die Hälfte jener der Pferdebahn, eine Ziffer, die wohl von selbst spricht.

Digitized by Google

c) Vergleichungstabelle zwischen elektrischer und Pferdebahn in Budapest.

Name der Bahn	Betriebs-		zurückgelegte Wagenkilometer	Ein- nahmen	Aus- gaben	Betriebs-Coefficient
	Ein- nahmen fl.	Aus- gaben fl.		per Wagen- kilometer fl.		
Elektrische Bahn vom Jänner bis Juli 1890.	96.349	48.153	291.282	0·331	0·165	50%
Pferdebahn: vom Jänner bis December 1890. . .	1,468.034	1,067.557	5,440.400	0·270	0·200	74%

IV. Tabelle über Preisverhältnisse bei Abgabe von Kraftstrom an Kleinindustrielle.

Contract der Wiener Gasindustrie-Gesellschaft mit der Grazer Stadtgemeinde.

Bei 10-stündigem täglichen Arbeitsbetriebe stellen sich die Preise wie folgt:

1/8	Pferdekraft	pro	Monat	fl.	10,	pro	Jahr	fl.	120
1/4	„	„	„	„	20,	„	„	„	240
1/3	„	„	„	„	30,	„	„	„	360
1	„	„	„	„	40,	„	„	„	480
2	„	„	„	„	65,	„	„	„	780
3	„	„	„	„	85,	„	„	„	1020
5	„	„	„	„	125,	„	„	„	1500
10	„	„	„	„	210,	„	„	„	2520

Wie hieraus zu ersehen, sind die Preise für diese mit Dampfkraft arbeitende elektrische Anlage noch ziemlich hoch bemessen und dürfte sich für Kleinindustrie nur eine Anlage mit Wasserkraft empfehlen, da z. B. das neue elektrische Isarwerk bei München per Tag und je eine Pferdekraft nur 70 kr. für die Stromabgabe verlangt.

V. Vergleichende Tabelle über tägliche Betriebskosten der verschiedenen Kraftmaschinen.

Bei 10-stündiger täglicher Arbeitszeit stellen sich dieselben für je eine Pferdekraft wie folgt:

Wasserkraftmaschine	19 Mark	Kleindampfmaschine	3·75 Mark
Heißluftmaschine	4.2 „	Elektromotor mit Dampfbetrieb	3 „
Gaskraftmaschine	3·4 „	„ „ Wasserbetrieb	1·3 „
Petroleumkraftmaschine	3·78 „	Kurbelbetrieb, 12 Arbeiter . .	24 „

Digitized by Google

Verlag von Spielhagen & Schurich in Wien
I., Kumpfgasse 7.

Von demselben Verfasser erschien in unserem Verlage:

Gewerbslehre oder Anleitung

zur mechanischen Verarbeitung des Eisens, der Metalle, des Holzes, des Thones, der Pflanzenfasern und der Thierhaare

zu Gegenständen der Industrie und des Handels.

Leichtfaßliches Hand- und Lesebuch für Arbeiter und Alle, die sich für die mechanische Erzeugung der wichtigsten Industrieproducte interessiren.

Volksausgabe der „Mechanischen Technologie" desselben Verfassers.

Gr. 8. 1888. 302 S. mit 141 Holzschn. und 4 Taf. — Preis 80 kr. = 1 M. 50 Pf.

Katechismus der speciellen darstellenden Geometrie

für

Maschinen- u. Bau-Constructeure, Real- u. Gewerbeschulen.

8. 1871. Mit 165 in den Text eingedruckten Holzschnitten und 2 Tafeln.
Preis brosch. 1 fl. 80 kr. = 3 M., geb. 2 fl. 5 kr. = 3 M. 50 Pf.

Die Ursachen der Dampfkessel-Explosionen

und die Mittel zu ihrer Verhütung.

Für Heizer, Maschinenwärter, Besitzer von Dampfmaschinen, sowie für Gebildete aller Stände.

Nach den neuesten Erfahrungen

und den Berichten der Kesselvereins-Ingenieure

Dritte, revidirte und erweiterte Auflage.

8. 1876. Mit einer Figurentafel. Preis 40 kr. = 80 Pf.

Behelfe zur richtigen

Beurtheilung der Dampfkessel-Feuerungen

und zur

Bestimmung des Brennwerthes der Steinkohlen und Braunkohlen.

Gesammelt von

Wilhelm Jicinsky,

Bergdirector in Mähr.-Ostrau.

Gr. 8. 1881. Mit 19 Abbildungen. Preis 1 fl. 20 kr. = 2 M. 40 Pf.

Die galvanische Metallplattirung und Galvanoplastik.

Gründliche Anleitung zur

galvanischen Vernickelung, Verkupferung, Vermessingung, Versilberung, Vergoldung, Verzinnung, Oxidirung ꝛc. und Galvanoplastik. Anleitung zum Glanzschleifen (Poliren der Metalle).

Nach den neuesten Erfahrungen und Fortschritten bearbeitet von

Wilhelm Pfanhauser,

Fabrikant chemischer Producte, Apparate, Maschinen und Werkzeuge für galvanische Metallplattirung und Galvanoplastik.

3., vollst. neu bearbeitete Auflage des Werkes: **Das Galvanisiren von Metallen.**

Gr. 8. 1890. 341 Seiten mit 85 Abbildungen. Preis geheftet 3 fl. = 6 M.,
in Leinwand gebunden 3 fl. 50 kr. = 7 M.

Verlag von Spielhagen & Schurich in Wien.
I., Kumpfgasse 7.

Grundzüge der Elektrotechnik.

Von **Karl Exler,**

k. u. k. Hauptmann, Lehrer an höheren Artillerie- und Genie Curs.

Gr.-8. 1895. VIII. 350 Seiten mit 503 in den Text gedruckten Figuren.
Preis geh. 5 fl. = 10 M.

Katechismus

der

Eisenbahn-Telegraphie und des elektr. Signalwesens.

Von

J. Karcis, und **F. Bechtold,**

k. k. Telegraphen-Official — Telegraphen-Vorstand.

8. 1883. 157 Seiten mit 15 Tafeln.
Preis geheftet 2 fl. = 4 M., in Leinwand gebunden 2 fl. 25 kr. = 4 M. 50 Pf.

Der Telegraphist.

Ein Prüfungsbehelf für Eisenbahn-Bedienstete.

Von **Hans Frenzel**

Beamter der k. k. Staatsbahnen.

Gr. 8. 1895. 53 Seiten mit 45 Abbildungen. Preis 80 kr. = 1 M. 60 Pf.

Fabrikshygiene.

Darstellung der neuesten Vorrichtungen und Einrichtungen für

Arbeiterschutz und Wohlfahrt.

Nach den neuesten Erfahrungen, den einschlägigen Gesetzen und Verordnungen, der einschlägigen Statistik in Deutschland und Oesterreich.

Herausgegeben von **Max Kraft,**

o. ö. Professor an der k. k. technischen Hochschule in Brünn.

Gr.-8. 1891. 627 S. mit 865 Abbildungen. Preis brosch. 6 fl. = 12 M.
eleg. in Leinw. gebunden fl. 6.50 = 13 M.

Anwendungen

der Festigkeitslehre auf den Maschinenbau.

Eine systematisch geordnete Sammlung von
Aufgaben mit ausführlichen wissenschaftlich begründeten Auflösungen.

Uebungsbuch zum Selbstunterrichte

für Studierende des Maschinenbaues, sowie auch zum Gebrauche für praktisch thätige Maschinentechniker.

Bearbeitet von **S. Graf,**

Ingenieur und Lehrer an der mech.-techn. Lehrwerkstätte (Maschinenbau-Fachschule) in Komotau.

Gr. 8. 1885. 482 Seiten mit 170 Holzschnitten.
Preis broschirt fl. 4.50 = 9 M., elegant in Leinwand gebunden 5 fl. = 10 M.

K. und k. Hofbuchdruckerei Karl Prochaska in Teschen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

537.84 P601 c.1
Einrichtung und Betrieb der Elektrom
086 673 718
UNIVERSITY OF CHICAGO

Digitized by Google